

АВИАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ



АВИАЦИОННЫЕ

СПРАВОЧНИК

МАТЕРИАЛЫ

6

МОСКВА-1987-4-0172

МАТЕРИАЛЫ

АВИАЦИОННЫЕ

6



АВИАЦИОННЫЕ

СПРАВОЧНИК

МАТЕРИАЛЫ

6

МОСКВА-1974-0574



ОНТИ

1974

МИНИСТЕРСТВО АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

АВИАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

СПРАВОЧНИК В ДЕВЯТИ ТОМАХ

(ИЗДАНИЕ 6-е, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ)

Под общей редакцией
Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР
чл.-корр. АН СССР
А. Т. ТУМАНОВА

МОСКВА

ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для служебного пользования

Экз. № 003089

АВИАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Том 6

МЕДНЫЕ СПЛАВЫ И
СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ТРЕНИЯ, ПРИПОИ

Научные редакторы тома
канд. техн. наук А. И. Губин,
канд. техн. наук О. Е. Кестнер,
докт. техн. наук С. И. Кишкина

ОНТИ — 1974

В шестом томе справочника приведены основные характеристики медных сплавов и специальных материалов для деталей трения, а также припоев для пайки металлических материалов.

Указаны механические свойства при комнатной, высоких и низких температурах, физические свойства, коррозионная стойкость, технологические особенности и области применения материалов.

Справочник предназначен для инженерно-технических и научных работников ОКБ, заводов и научно-исследовательских институтов.

Редактор тома М. С. Лаговская

ПРЕДИСЛОВИЕ

Справочник содержит данные о механических свойствах при растяжении, сжатии, кручении, срезе, сопротивлении ползучести, пределах длительной прочности и выносливости сплавов на основе меди, а также характеристики припоев для пайки металлических материалов. Наряду с механическими свойствами приводятся данные о физических свойствах, коррозионной стойкости и технологических особенностях материалов.

В период после выхода в свет предыдущего издания справочника разработан ряд новых материалов на основе меди, а также новые припои. К новым сплавам относятся износостойкая бронза ВБр5, сплавы ВЖЛ2 и ВЖЛ15 для работающих при высоких температурах деталей трения, антифрикционные металлокерамики АМК-4 и АМК-5, фрикционные металлокерамики ФМК-79 и МКВ-50 для колесных тормозов самолетов, материалы для радиальных уплотнений, антифрикционное покрытие ВАП-3 и др.

В справочник включены также разработанные в последние годы припои ВПр1, ВПр4, ВПр6, ВПр9, ВПр13 для пайки различных сталей и сплавов, которые получили широкое распространение в промышленности. Для всех материалов приводятся минимальные свойства, гарантируемые ГОСТами и ОСТАми, и типичные свойства, определенные в процессе специальных исследований и обработки статистических данных заводов.

Шестой том справочника подготовлен следующим коллективом авторов: Аксенова И. П., Антонова Г. С., Бабурина Е. В., Белова А. В., Белова Е. В., Бодрова Р. С., Буртаков С. В., Винокуров В. И., Вовк М. П., Горбунов А. Н., Губин А. И., Качановская Л. Т., Кестнер О. Е., Кокошвили А. Н., Леонова Л. Н., Матюшенко Р. С., Михеева О. Н., Мигунов В. П., Орлова В. В., Свиридова М. Ф., Чатынян Л. А.

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

| Свойства | Обозначение | Единица измерения | Перевод в единицы СИ |
|--|----------------------|-------------------|---|
| Модуль нормальной упругости при растяжении, определенный статическим методом | E | кгс/мм^2 | $1 \text{ кгс/мм}^2 \approx 9,8 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ |
| Модуль нормальной упругости при сжатии, определенный статическим методом | $E_{\text{сж}}$ | кгс/мм^2 | |
| Модуль нормальной упругости, определенный динамическим методом | E_d | кгс/мм^2 | |
| Номинальный модуль упругости при смятии * | $E_{\text{см}}$ | кгс/мм^2 | |
| Модуль касательной упругости (модуль сдвига) | G | кгс/мм^2 | |
| Коэффициент Пуассона | μ | — | $1 \text{ кгс/мм}^2 \approx 9,8 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ |
| Предел пропорциональности при растяжении | $\sigma_{\text{пп}}$ | кгс/мм^2 | |
| Предел текучести условный при растяжении (остаточная деформация 0,2%) | $\sigma_{0,2}$ | кгс/мм^2 | |
| Предел прочности при растяжении | σ_B | кгс/мм^2 | $1 \text{ кгс/мм}^2 \approx 9,8 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ |
| Предел прочности при растяжении образца с надрезом ** | σ_B^H | кгс/мм^2 | |
| Предел упругости | σ_e | кгс/мм^2 | |

* Для образцов с отношением $b/d=4$, где b — ширина образца; d — диаметр сминаемого отверстия.

** Надрез кольцевой полукруглый радиусом 0,75 мм.

Продолжение

| Свойства | Обозначение | Единица измерения | Перевод в единицы СИ |
|---|---------------------------|-------------------|---|
| Предел прочности при растяжении при температуре t^* | σ_B^t | кгс/мм^2 | $1 \text{ кгс/мм}^2 \approx 9,8 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ |
| Предел пропорциональности при сжатии ** | $\sigma_{\text{пп сж}}$ | кгс/мм^2 | |
| Предел текучести условный при сжатии (остаточная деформация 0,2%) | $\sigma_{0,2 \text{ сж}}$ | кгс/мм^2 | |
| Предел прочности при сжатии *** | $\sigma_{\text{в сж}}$ | кгс/мм^2 | |
| Предел пропорциональности при смятии **** | $\sigma_{\text{пп см}}$ | кгс/мм^2 | |
| Предел текучести условный при смятии **** (остаточная деформация 0,2%) | $\sigma_{0,2 \text{ см}}$ | кгс/мм^2 | |
| Предел прочности при смятии **** | $\sigma_{\text{в см}}$ | кгс/мм^2 | |
| Максимальное напряжение при испытании на малоцикловую усталость асимметричным растяжением | σ_{max} | кгс/мм^2 | |
| Минимальное напряжение при испытании на малоцикловую усталость асимметричным растяжением | σ_{min} | кгс/мм^2 | |
| Критическое напряжение при потере общей устойчивости | $\sigma_{\text{кр}}$ | кгс/мм^2 | |

* Если нет оговорки, то предел прочности при высоких температурах определяется после 30-минутной выдержки при заданной температуре.

** Для образцов с отношением $h/d=3$ ($d=20 \text{ мм}$).

*** Для образцов с отношением $h/d=1,5$ ($d=15 \text{ мм}$).

**** Для образцов с отношением $b/d=4$, где b — ширина образца, d — диаметр сминаемого отверстия.

Продолжение

| Свойства | Обозначение | Единица измерения | Перевод в единицы СИ |
|--|--------------------------|---------------------|---|
| Предел пропорциональности при кручении * | $\tau_{\text{пл}}$ | кгс/мм ² | $1 \text{ кгс/мм}^2 \approx 9,8 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ |
| Предел текучести условный при кручении * (остаточная деформация сдвига 0,3%) | $\tau_{0,3}$ | кгс/мм ² | |
| Предел прочности при кручении ** | $\tau_{\text{в}}$ | кгс/мм ² | |
| Соппротивление срезу | $\tau_{\text{ср}}$ | кгс/мм ² | |
| Соппротивление разрушению при растяжении | $S_{\text{к}}$ | кгс/мм ² | |
| Соппротивление разрушению при сжатии *** | $S_{\text{к сж}}$ | кгс/мм ² | — |
| Относительное удлинение после разрыва: | | | |
| на длине $l=5d, l=10d$ | $\delta_5; \delta_{10}$ | % | |
| на длине $l=5,65 \sqrt{F}$ | $\delta_{5,65 \sqrt{F}}$ | % | |
| на длине $l=11,3 \sqrt{F}$ | $\delta_{11,3 \sqrt{F}}$ | % | |
| Относительное укорочение при сжатии | Δ | % | — |
| Относительное сужение после разрыва | ψ | % | — |
| Равномерное сужение | $\psi_{\text{в}}$ | % | — |

* $\tau_{\text{пл}}$ и $\tau_{0,3}$ определяются по формулам:

$$\tau_{\text{пл}} = \frac{M_{\text{пл}}}{\pi d^3}; \tau_{0,3} = \frac{M_{0,3}}{\pi d^3}$$

** $\tau_{\text{в}}$ определяется по формуле $\tau_{\text{в}} = \frac{M_{\text{max}}}{\pi d^3}$

*** Определяется на образцах с отношением $h/d=1,5$ ($d=15 \text{ мм}$).

Продолжение

| Свойства | Обозначение | Единица измерения | Перевод в единицы СИ |
|---|-----------------------|-------------------------|---|
| Истинное сужение или укорочение | e | % | — |
| Относительный сдвиг при кручении | γ_{max} | % | — |
| Угол закручивания при разрушении (на длине 100 мм) | φ | градус | — |
| Гибкость * | λ | — | — |
| Твердость по Роквеллу при вдавливании шарика $d=1,588 \text{ мм}$ ($1/16 \text{ дюйма}$) под нагрузкой 100 кг | HRB | — | — |
| Твердость по Роквеллу при вдавливании алмазного конуса с углом при вершине 136° под нагрузкой 150 кг | HRC | — | — |
| Твердость по Бринелю (шарик $d=10 \text{ мм}$, нагрузка P для мягких алюминиевых и магниевых сплавов 500 кг, для прочных алюминиевых и магниевых сплавов 1000 кг, для титановых сплавов 3000 кг) | HB | кгс/мм ² | $1 \text{ кгс/мм}^2 \approx 9,8 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ |
| Твердость по Виккерсу | HV | кгс/мм ² | |
| Удельная ударная вязкость при изгибе образца размером $10 \times 10 \times 55 \text{ мм}$ с полукруглым надрезом глубиной 2 мм и радиусом 1 мм | $a_{\text{н}}$ | кгс · м/см ² | $1 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2 \approx 9,8 \cdot 10^4 \text{ Дж/м}^2$ |
| Число циклов до разрушения образца при испытании на малоцикловую усталость | N | цикл | — |
| Предел выносливости при изгибе при симметричном цикле | σ_{-1} | кгс/мм ² | $1 \text{ кгс/мм}^2 \approx 9,8 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2$ |

* $\lambda = \frac{l}{i}$, где l — длина образца в см; i — радиус инерции в см.

Продолжение

| Свойства | Обозначение | Единица измерения | Перевод в единицы СИ |
|--|------------------------------|---------------------|---|
| Предел выносливости при кручении | τ_{-1} | кгс/мм ² | $1 \text{ кгс/мм}^2 \approx 9,8 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ |
| Предел ползучести при высоких температурах (напряжение, вызывающее деформацию 0,2% за 100 час) | $\sigma_{0,2/100}$ | кгс/мм ² | |
| Предел длительной прочности при высоких температурах (напряжение, при котором образец разрушается за 100, 300 час и т. д.) | $\sigma_{100}; \sigma_{300}$ | кгс/мм ² | |
| Теоретический коэффициент концентрации напряжений | α_k | — | — |
| Плотность | d | кг/м ³ | — |
| Коэффициент термического линейного расширения | α | 1/град | — |
| Удельная теплоемкость | c | кдж/кг · град | — |
| Коэффициент теплопроводности | λ | вт/м · град | — |
| Удельное электросопротивление | ρ | ом · см | — |
| Удельная электропроводность (в процентах от электропроводности меди) | K | % | — |

Глава I

МЕДНЫЕ СПЛАВЫ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ТРЕНИЯ

Медь и сплавы на ее основе являются электропроводными и коррозионностойкими материалами. Они отличаются высоким сопротивлением износу и низким коэффициентом трения. Высокие пластические свойства меди и ряда ее сплавов позволяют получать полуфабрикаты в виде прутков, ленты, листов, труб и проволоки. Детали из меди можно изготавливать штамповкой и глубокой вытяжкой из листа. Хорошие литейные свойства бронз и латуни дают возможность получать способом точного литья сложные фасонные детали с высокими механическими свойствами. Сплавы, содержащие значительное количество никеля, а также медноникелевые (до 20% Ni), обладают повышенной химической стойкостью.

Приводимые в данной главе сплавы, так же как и в предыдущем (пятом) издании справочника, объединены по признаку их основного назначения в пять групп: конструкционные сплавы, жаропрочные сплавы, сплавы для упругих элементов, антифрикционные сплавы, специальные материалы для деталей трения. К последней группе относятся материалы, применяемые в специальных узлах трения двигателей, самолетов и новых летательных аппаратов.

В настоящей главе, в графе «состояние материала», приводятся следующие характеристики: «твердый, полутвердый или мягкий». Эта терминология принята в специальной литературе по медным сплавам. Твердое состояние — сплав обработан давлением с высокими степенями деформации, полутвердое — обработка со средними степенями деформации, мягкое — после обработки давлением сплав подвергнут отжигу.

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МЕДНЫЕ СПЛАВЫ

Для изготовления деталей различного назначения, требующих повышенной коррозионной стойкости, специальных физических свойств и высокой технологичности, применяются медь, простые и

специальные латуни, оловянистые и безоловянистые бронзы, а также медные сплавы, содержащие значительное количество никеля. Все эти материалы обладают высокой технологичностью: они легко обрабатываются резанием, хорошо свариваются и паяются.

Медь хорошо паяется, легко смачиваясь припоями; тонкая пленка окислов удаляется чистой канифолью. Латуни паяются несколько хуже. Для удаления окислов цинка требуются более активные флюсы, чем для удаления окислов меди. Способы пайки латуней те же, что и для меди. Применяемые припои и способы пайки приводятся в главе 2.

При пайке латуни погружением в расплавленный припой содержащийся в основном металле цинк загрязняет ванну. Кроме того, при контакте с жидким легкоплавким припоем, богатым оловом, латуни склонны к хрупкому разрушению. Поэтому пайку латуней рекомендуется производить только в отожженном состоянии без приложения внешних растягивающих напряжений.

Пайка латуни в печи рекомендуется только в том случае, если она предварительно покрыта гальваническим способом медью (слой толщиной 15—20 мкм), замедляющей испарение цинка.

Алюминиевые бронзы удовлетворительно паяются серебряными припоями в смеси флюсов: 50% 209+50% 34А при нагреве ацетиленокислородным пламенем, в печи, при нагреве ТВЧ и др.

Медь сваривается всеми способами сварки плавлением с применением преимущественно стыковых соединений. Сварка деталей средних и больших толщин выполняется с подогревом.

Электронно-лучевая сварка обеспечивает вакуумноплотные и пластичные соединения с прочностью 0,9 прочности основного отожженного металла.

Газоэлектрическую сварку производят неплавящимся или плавящимся электродом с использованием защитных газов — аргона, гелия, азота, водорода или их смеси. Наиболее качественные соединения получают при сварке в среде гелия.

Дуговую сварку под флюсом выполняют угольным или металлическим плавящимся электродом. Применяют стандартные плавленые флюсы (марок АН-5, АН-10, АН-348А и др.), разработанные для сварки углеродистых и легированных сталей. Присадочным металлом служит медь с добавками фосфора, олова или кремния (ОФ9—0,3). Ручную дуговую сварку плавящимся электродом выполняют медными электродами с покрытиями Зт, «Комсомолец-100», ММЗ-1, ММЗ-2.

При газовой сварке применяют флюсы, содержащие буру или борную кислоту. Для присадки используют медную проволоку с содержанием фосфора и кремния.

Точечная и роликовая сварка меди затруднительна вследствие ее высокой тепло- и электропроводности. Медь сваривается контактной стыковой сваркой методом сопротивления.

Механические свойства сварных соединений меди приведены в табл. 1.

Таблица 1

Механические свойства соединений меди

| Вид сварки | Температура испытания °С | σ_b кгс/мм ² | δ % | a_n кгс · м/см ² | Угол изгиба в град |
|--|--------------------------|-----------------------------------|---------------|----------------------------------|-----------------------|
| Дуговая с электродами «Комсомолец-100» | 20 | 20—22 | 18—20 | 6—8 | 180 |
| Газовая с присадкой электролитической меди | 20 | 18,5 | — | — | 150 |
| Дуговая под слоем флюса с присадкой М1 | 20 | 17,5—18 | 35—41 | — | — |
| | —70 | 21—21,5 | 44—46 | | |
| | —183 | 26,5—27,5 | 50—52 | | |

Латуни свариваются аргоно-дуговой, дуговой, газовой и контактной сваркой. При больших толщинах применяют местный или общий подогрев. Перед заваркой латунного литья обязателен предварительный подогрев.

Аргоно-дуговую сварку неплавящимся электродом применяют для соединения листовых заготовок толщиной 3—4 мм, используя присадочную проволоку того же состава, что и основной металл. При дуговой сварке угольным электродом применяют присадочные прутки, легированные кремнием, прутки из бронз марок БрКМц3-1, ЛК80-3 и флюсы (бура, борный шлак и др.).

Дуговую сварку плавящимся электродом выполняют с применением проволоки из латуней ЛК80-3, ЛМц59-02 с покрытием марки Зт. Дуговую сварку латуни Л63 под слоем флюса производят с использованием медных проволок М1, М2 с флюсами МАТИ-53, АНФ-5, а латуней ЛО62-1, ЛС59-1, ЛЖМц59-1-1 — проволоки БрОЦ4-3 с флюсом АН-20.

Газовую сварку латуней Л63, ЛО62-1 и Л68 выполняют прутками из латуней ЛОК59-1-0,3, ЛОК62-0,6-0,4, ЛК80-3 и ЛК62-0,5 с применением флюсов (плавленная бура, смесь буры с борной кислотой и хлористым натрием, четырехкомпонентный флюс).

Механические свойства сварных соединений латуни Л68 приведены в табл. 2.

Кремнистые бронзы хорошо свариваются всеми способами сварки плавлением. Прочность наплавленного металла при дуговой сварке кремнистых бронз в среднем составляет 35—40 кгс/мм².

Таблица 2

Механические свойства сварных соединений латуни Л68

| Вид сварки | Присадочный материал | Флюс (покрытие) | σ_b кгс/мм ² | Угол изгиба α град |
|-----------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Дуговая электродом | угольным | ЛК80-3 | Четырехкомпонентный | 32—34 |
| | | | | 33,0 |
| Дуговая электродом | плавящимся | ЛК80-3 | Зт | 29—33 |
| | | | | 31 |
| Газовая | | ЛОК59-1-0,3 | Плавленая бура | 36—38 |
| | | | | 37 |
| Дуговая под флюсом | под слоем | М1 | МАТИ-53 | 28—30 |
| | | | | 29 |

При сварке алюминиевых бронз лучшие результаты обеспечиваются при дуговой сварке угольным электродом. Качественные соединения могут быть получены аргоно-дуговой сваркой неплавящимся электродом и электродуговой сваркой металлическим электродом.

Сварка алюминиевых бронз электродными стержнями состава: 11,3% Al; 5,7% Ni; 0,4% Mn; 0,1% Fe, Cu — остальное, обеспечивает следующие свойства наплавленного металла: $\sigma_b = 67,5—69$ кгс/мм²; $\sigma_{0,2} = 49,5—52$ кгс/мм²; $\delta = 7,5—8,5\%$; $\psi = 6,5—7,0\%$.

Свинцовистые бронзы обладают плохой свариваемостью. При сварке этих бронз, как правило, используют присадочный металл (электродные стержни) того же состава, что и основной металл. При сварке оловянистых бронз применяют присадочную проволоку состава 95—96% Cu, 3—4% Sn, 0,25% P, близкую по составу к марке БрОФ6,5-0,4; при сварке литых бронз пользуются универсальной проволокой марки БрКМц3-1.

Газовую сварку оловянистых и кремнистых бронз выполняют с флюсами, применяемыми для сварки меди, а сварку алюминиевых бронз — с флюсами, используемыми для сварки алюминиевых сплавов.

Медь

Полуфабрикаты из чистой меди различных марок имеют широкое распространение благодаря высокой пластичности, электропроводности и коррозионной стойкости. Примеси, даже в небольшом количестве, резко снижают тепло- и электропроводность меди. Для изготовления проводов обычно применяют медь марки М1, содержащую не менее 99% Cu. В изделиях ответственного назначения электрические контакты изготавливают также из меди марок М2 и М3.

В отожженном состоянии медь обладает высокими пластическими свойствами, но относительно низкой прочностью. Холодная деформация несколько снижает электропроводность меди, заметно повышает прочностные свойства и резко ухудшает пластичность.

Наклеп твердой меди можно снять отжигом. Температура рекристаллизации меди $\sim 200^\circ\text{C}$. Для полного восстановления пластичности материала его следует отжигать при более высоких температурах (500—700°C). Чтобы избежать так называемой «водородной хрупкости», не следует проводить нагрев в восстановительной среде.

Медь можно обрабатывать сверлением, фрезерованием, строганием и другими методами холодной обработки. В мягком состоянии она вследствие малой твердости налипает на режущий инструмент и не дает скалывающейся стружки. Обработка резанием меди в нагартованном состоянии облегчается благодаря более высокой твердости материала. Предназначаемая для полирования медь должна быть нагартована.

Для штамповки деталей применяют отожженную медь. Медные листы и ленту изгибают в холодном состоянии. Допускается отбортовка края медных тянутых трубок после отжига.

При низких температурах (до -250°C) прочность меди повышается как в нагартованном, так и в отожженном состоянии.

Медь и ее сплавы обладают высоким электрохимическим потенциалом, поэтому их следует покрывать кадмием, чтобы избежать усиления коррозии при контактировании с деталями из других металлов.

| МЕДЬ | | | | М0, М1, М2, М3 | | | |
|-----------------------|----------|----------|-------|----------------|-------|-------|-------|
| Химический состав в % | | | | | | | |
| Марка | Cu | Fe | Pb | Sn | Sb | Bi | As |
| | не менее | не более | | | | | |
| М0 | 99,95 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,002 |
| М1 | 99,9 | 0,005 | 0,005 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,002 |
| М2 | 99,7 | 0,05 | 0,01 | 0,05 | 0,005 | 0,002 | 0,01 |
| М3 | 99,5 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,003 | 0,05 |

Продолжение

| Марка | S | P | Ni | Ag | Zn | O ₂ | Сумма примесей |
|-------|----------|-------|-------|-------|-------|----------------|----------------|
| | не более | | | | | | |
| M0 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,02 | 0,05 |
| M1 | 0,005 | — | 0,002 | 0,003 | 0,005 | 0,05 | 0,1 |
| M2 | 0,01 | — | 0,2 | — | — | 0,07 | 0,3 |
| M3 | 0,01 | — | 0,2 | — | — | 0,08 | 0,5 |

Механические свойства по ГОСТ

| Вид полуфабриката | ГОСТ | Состояние | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | δ_{10} % | Глубина сферической лунки при толщине материала, мм * (не менее) | | | |
|---|--------------|-------------|--|--------------------|---|-----------|-----------|----------|
| | | | | | 0,08 | 0,10—0,15 | 0,18—0,25 | 0,3—0,55 |
| Листы и полосы холоднокатанные | ГОСТ 495—70 | Мягкие | 20 | 30 | 6,5/— | 7,5/3,4 | 8/3,8 | 9/4 |
| | | Твердые | 30 | 3 | — | — | — | — |
| | | — | 20 | 30 | — | — | — | — |
| Лента горячекатаные | ГОСТ 1173—70 | Мягкая | 21 | 30 | — | — | — | — |
| | | Твердая | 30 | 3 | — | — | — | — |
| Трубы: тянутые и холоднокатанные | ГОСТ 617—72 | Мягкие | 20 | 35 | — | — | — | — |
| | | Полутвердые | 25 | 8 | — | — | — | — |
| прессованные диаметром (в мм): до 200 свыше 200 | ГОСТ 617—72 | Твердые | 29 | 2 | — | — | — | — |
| | | — | 19 | 30 | — | — | — | — |
| | | — | 18 | 30 | — | — | — | — |
| | | — | — | — | — | — | — | — |

Продолжение

| Вид полуфабриката | ГОСТ | Состоя- ние | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | δ_{10} % | Глубина сферической лунки при толщине материала, мм* (не менее) | | | | | |
|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|--|--------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | 0,08 | 0,10—0,15 | 0,18—0,25 | 0,3—0,55 | 0,60—1,10 | 0,20—1,50 |
| Прутки тянутые | ГОСТ 1535—71 | Мягкие Полу- твердые Твердые | 20 24 28 | 35 10 5 | — — — | — — — | — — — | — — — | — — — | |
| Прутки горячека- танные | ГОСТ 1535—71 | — | 20 | 8 | — | — | — | — | — | |
| Прутки прессо- ванные | ГОСТ 1535—71 | — | 20 | 30 | — | — | — | — | — | |

Примечание. Проволока электротехническая диаметром 0,02—10 мм выпускается по ГОСТ 2112—71.

Трубки капиллярные из меди марки М2 выпускаются по ГОСТ 5.1196—72.

* Показатели приведены для пуансона радиусом 10 мм; в дробных числах в знаменателе приведены показатели для пуансона радиусом 4 мм.

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | <i>E</i> | <i>G</i> | μ | σ _{0,2} | σ _в | S _к |
|----------------------|-----------|---------------------|----------|------|---------------------|----------------|----------------|
| | | кгс/мм ² | | | кгс/мм ² | | |
| Прутки тя- нутые | Мягкие | 12000 | 4480 | 0,34 | 8 | 24 | 60 |
| | Твердые | — | — | — | 30 | 35 | — |

Продолжение

| Вид полуфабриката | Состояние | δ_{10} | ψ | $\tau_{\text{ср}}$ | HB | $a_{\text{н}}$ | σ_{-1}^* |
|-------------------|-----------|---------------|--------|---------------------|------|-------------------------|---------------------|
| | | % | | кгс/мм ² | | кгс · м/см ² | кгс/мм ² |
| Прутки тянутые | Мягкие | 50 | 75 | 15 | 45 | 16 | 8 |
| | Твердые | 10 | 35 | 20 | 95 | — | 9 |

* На базе $1 \cdot 10^8$ циклов.

Физические свойства

Плотность 8950 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—300 | 20—600 | 20—800 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 16,8 | 17,7 | 18,9 | 19,6 |

Коэффициент теплопроводности

$\lambda = 385$ Вт/м · град.

Удельная теплоемкость

$c = 0,377$ кДж/кг · град.

Удельное электросопротивление

| Температура °C | 20 |
|---------------------------|---|
| $\rho \cdot 10^6$ ом · см | 1,75 (мягкое состояние) 1,79 (деформированное состояние) |

Антифрикционные свойства

Коэффициент трения:

со смазкой (маслом МС) 0,011;
без смазки — 0,4.

Коррозионная стойкость

Медь обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью в атмосферных условиях при комнатной температуре.

Технологические данные

Медь высокопластична в отожженном состоянии, при обработке давлением выдерживает без промежуточных отжигов обжатие до 85—95%. Температура горячей обработки 800—900°C. Отжиг рекомендуется проводить в интервале температур 500—700°C в зависимости от толщины материала.

Рекомендуемая температура литья 1150—1230°C; линейная усадка 2,1%. Медь, содержащая кислород (до 0,01%), подвержена растрескиванию при нагреве в восстановительной среде с водородом. Хорошо сваривается, паяется и обрабатывается резанием (лучше в деформированном состоянии).

Применение

Шины, контакты и другие токоведущие детали, трубопроводы, шайбы, заклепки, ниппели, прокладки и др.

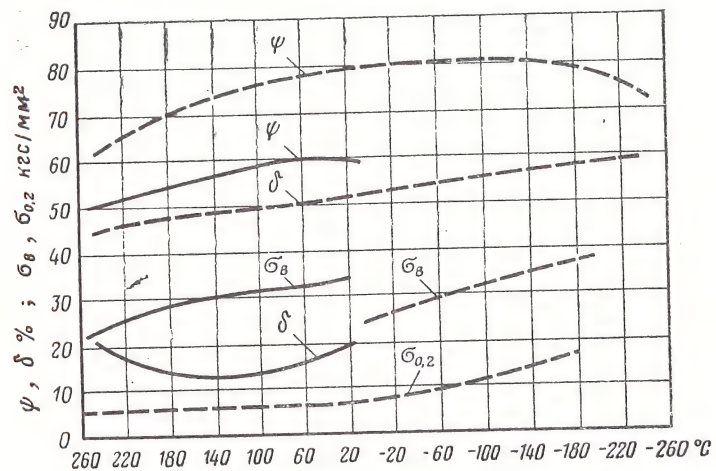


Рис. 1. Механические свойства медных прутков диаметром 20 мм при различных температурах:
— деформированный на 25%; — отожженный.

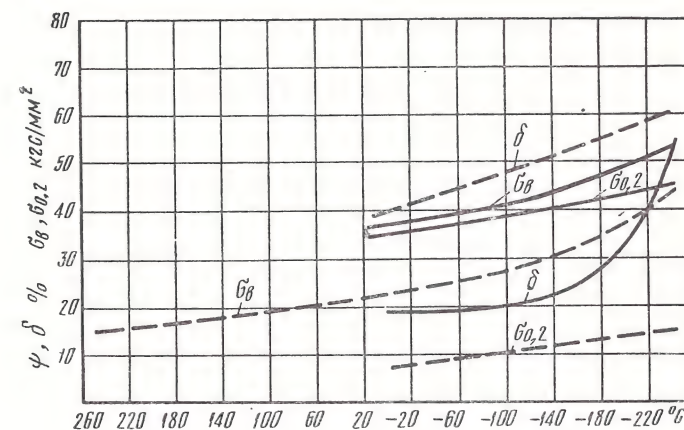


Рис. 2. Механические свойства полуфабрикатов из электролитической меди при различных температурах:

— проволока диаметром 6 мм, деформированная на 40%;
— лента толщиной 0,25 мм, отожженная.

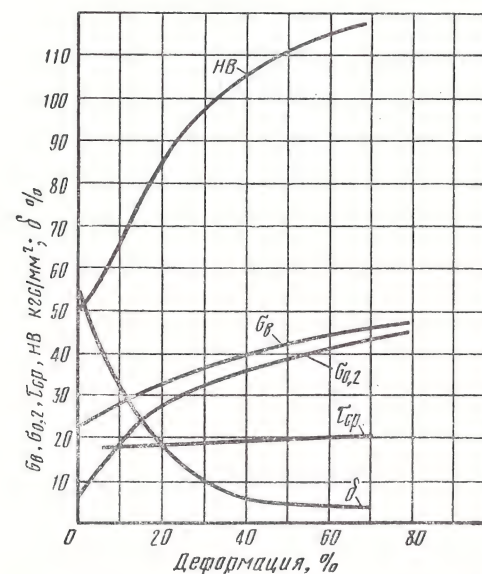


Рис. 3. Зависимость механических свойств ленты толщиной 3,5 мм из электролитической меди от степени деформации.

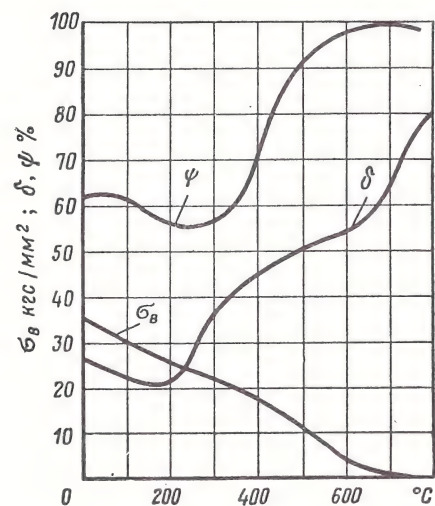


Рис. 4. Механические свойства медных прутков диаметром 25 мм, деформированных на 25%, при высоких температурах.

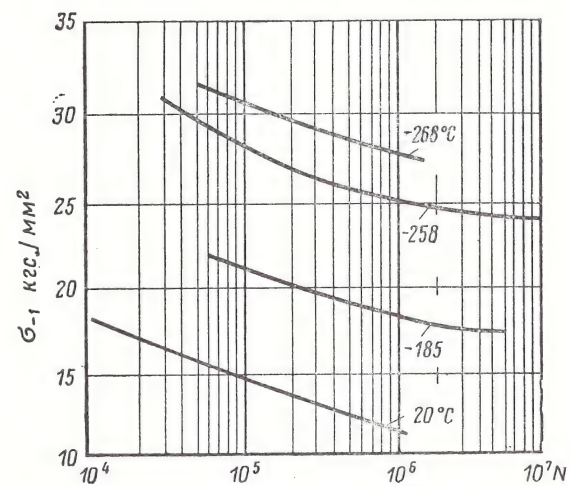


Рис. 5. Кривые выносливости полуфабрикатов из отожженной меди при осевой нагрузке при низких температурах.

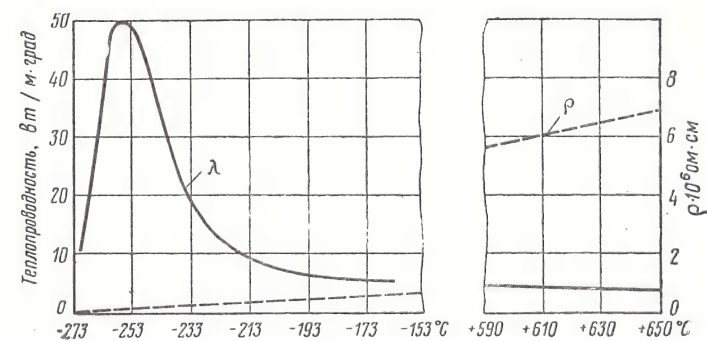


Рис. 6. Зависимость теплопроводности меди и удельного электросопротивления от температуры.

Латуни

Латуни представляют собой сплавы с цинком, являющимся основной легирующей добавкой. Введение цинка позволяет повысить механические свойства меди: пределы пропорциональности, текучести и прочности, твердость и удлинение. Латуни отличаются технологичностью, обладают высокими литейными свойствами и деформируемостью, легко обрабатываются резанием.

К группе конструкционных сплавов относятся латуни марок Л96, Л68, Л63, ЛС59-1, ЛС59-1Л, ЛО70-1, ЛО62-1, ЛАЖ60-1-1, ЛАЖ60-1-1Л, ЛЖМц59-1-1, ЛА67-2,5, ЛК80-3 и ЛК80-3Л.

Латунные полуфабрикаты поставляются в твердом, полутвердом и мягком состояниях в зависимости от способов изготовления, степени деформации и термической обработки готовых изделий.

Особенностью латуни Л96 является ее высокая коррозионная стойкость и отсутствие склонности к коррозионному растрескиванию; она хорошо обрабатывается давлением в горячем и холодном состояниях. Латунь этой марки применяется для изготовления трубок радиаторных, конденсаторных и иного назначения.

Латунь Л68 наиболее пластична. Она выпускается в виде труб, листов, ленты и проволоки диаметром от 0,1 мм и особенно широко применяется для деталей, изготавливаемых из полуфабрикатов путем холодной глубокой вытяжки.

Латуни Л63 и ЛС59-1 также выпускаются в виде проволоки, листов, ленты, прутков и труб.

Латунь, как и медь, упрочняется при холодной деформации (прокатке или протяжке). Для полного снятия наклепа достаточно применить отжиг при 450—700°C в течение 1 час.

К недостаткам наклепанной латуни относится склонность к образованию трещин вследствие коррозионного воздействия среды. Низкий отжиг (при 250—300°C в течение 1 час) способствует или уменьшению или полному снятию внутренних напряжений и устраняет склонность латуни к сезонному растрескиванию.

Проволока из латуней Л63 и ЛС59-1 служит для изготовления заклепок, стопорных винтов, шпилек, штифтов. Шайбы, кольца и прокладки изготавливаются штамповкой из листов или ленты.

Трубы из латуней Л68 и Л63 предназначаются для получения трубопроводов, втулок и патрубков различных видов. Из латуней этих марок изготавливаются также тонкостенные тянутые трубки; из прутков латуни ЛС59-1 получают детали на автоматных станках.

Всевозможные фасонные детали (кронштейны, корпуса приборов, тройники, фланцы, подшипники, втулки, щеткодержатели, гайки, пробки, штуцеры и др.) изготавливаются из латуней марок Л68, ЛС59-1 и др. методом точного литья.

Латуни паяются и свариваются, обрабатываются всеми видами механической обработки, но для латуней Л68 и Л63 использование высоких скоростей затруднительно. Латунь ЛС59-1, содержащая

свинец, прекрасно обрабатывается с образованием легко отделяющейся сыпучей стружки.

Латуни специальные, легированные оловом, алюминием, марганцем, железом, кремнием и другими элементами, обладают повышенной прочностью и применяются для изготовления деталей арматуры и приборов, а также деталей, работающих на трение при относительно небольших удельных давлениях и скоростях скольжения, а также при хорошей смазке. При сухом трении или недостаточной смазке все латуни быстро изнашиваются.

Для получения отливок методом точного литья рекомендуются специальные латуни следующих марок: алюминиевая ЛА67-2,5 и кремнистая ЛК80-3Л, обладающие хорошими литейными свойствами, а также латунь ЛАЖ60-1-1, имеющая мелкую структуру и высокую прочность при отливке в горячие формы.

| ЛАТУНЬ | | | | Л96 | | | |
|-----------------------|-----------|----------|------|-------|-------|------|----------------|
| Химический состав в % | | | | | | | |
| Cu * | Zn | Fe | Pb | Sb | Bi | P | Сумма примесей |
| | | не более | | | | | |
| 95,0—97,0 | Остальное | 0,10 | 0,03 | 0,005 | 0,002 | 0,01 | 0,2 |

* Допускается содержание никеля в количестве до 5% (за счет уменьшения содержания меди).

Механические свойства по ГОСТ или ТУ (не менее)

| Вид полуфабриката | ГОСТ или ТУ | Состояние | σ_b кгс/мм ² | δ_{10} % |
|---------------------------------------|----------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Трубки тонкостенные | ГОСТ 11383—65 | Мягкие Твердые | 21 35 | 35 2 |
| Трубки радиаторные тянутые | ГОСТ 5.1162—71 | Мягкие Твердые | 30 40 | — — |
| Трубки капиллярные | ГОСТ 2624—67 | Мягкие Твердые | 21 — | 35 4 |
| Трубы тянутые и холоднокатаные | ГОСТ 617—72 | Мягкие Полутвердые Твердые | 20 25 29 | 35 8 2 |
| Трубки радиаторные профилированные | ТУ 48-21-11—72 | Твердые | 40—58 | — |

Примечание. Трубки плоскоовальные выпускаются по ТУ 48-21-45—72.

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_b | δ_{10} | ψ | $\tau_{ср}$ | НВ |
|-------------------|----------------------------------|---------------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------|-----|
| | | кгс/мм ² | | | % | | кгс/мм ² | |
| Трубки | Твердые (деформированные на 50%) | 11900 | 35 | 40 | 5 | — | 26 | 110 |
| Полосы | Мягкие | — | 7 | 27 | 45 | 80 | — | 45 |

Физические свойства

Плотность 8850 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—200 | 20—300 |
|----------------------------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 17,8 | 18,1 |

Коэффициент теплопроводности

$\lambda = 234$ Вт/м·град.

Удельная теплоемкость

$c = 0,377$ кДж/кг·град.

Удельное электросопротивление

$\rho \cdot 10^6 = 3,8$ Ом·см (20°).

Коррозионная стойкость

Латунь обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и пресной воде. Может применяться для работы в морской воде. Растрескиванию не подвержена.

Технологические данные

Пластичность высокая. Латунь обрабатывается давлением в горячем и холодном состояниях. Рекомендуемая температура горячей обработки 775—850°C, отжига — 450—700°C.

Применение

Трубопроводы, радиаторные, конденсаторные и другие трубы и детали.

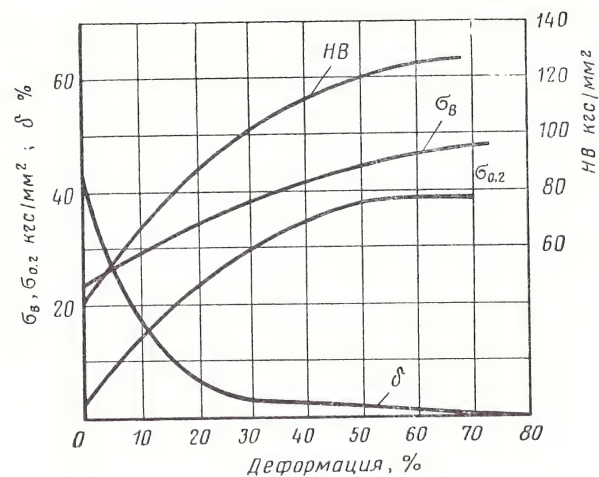


Рис. 1. Зависимость механических свойств мягких листов из латуни Л96 толщиной 1 мм от степени деформации.

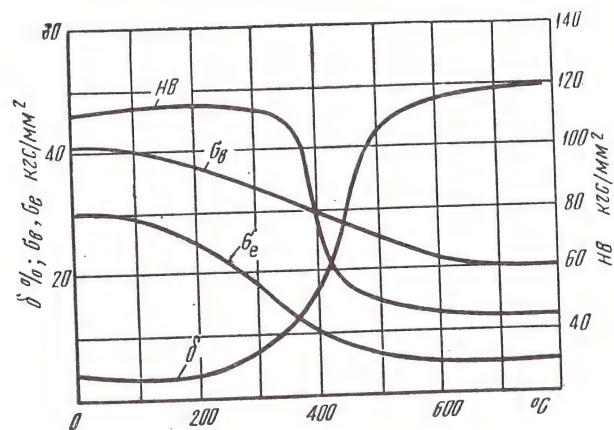


Рис. 2. Зависимость механических свойств листов из латуни Л96 толщиной 1 мм, деформированных на 50%, от температуры отжига.

ЛАТУНЬ

Л68

Химический состав * в %

| Cu | Zn | Fe | Pb | Sb | Bi | P | Сумма примесей |
|-----------|-----------|----------|------|-------|-------|------|-------------------|
| | | не более | | | | | |
| 67,0—70,0 | Остальное | 0,10 | 0,03 | 0,005 | 0,002 | 0,01 | 0,03 |

* В латуни специального назначения содержание примесей не должно превышать в сумме 0,2% (0,07% Fe; 0,002% Sb; 0,005% As; 0,002% S и 0,005% P).

Механические свойства по ГОСТ (не менее)

| Вид полуфабриката | ГОСТ | Состояние | σ_b кгс/мм ² | δ_{10} % | Глубина сферической лунки при толщине материала (в мм) | |
|--------------------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------------------|--------------------|--|-----------|
| | | | | | до 0,25 | 0,30—0,50 |
| Листы, полосы и лента холоднокатаные | ГОСТ 931—70 и ГОСТ 2208—70 | Мягкие | 30 | 42 | 9 | 10 |
| | | Полутвердые | 35 | 20 | 7—9 | 9—11 |
| | | Твердые | 44 | 10 | 5—7 | 7—9 |
| | | Особо твердые | 53 | — | — | — |
| Полосы | ГОСТ 5362—50 | Мягкие | 30—35 | 50 | — | — |
| Трубы тянутые и холоднокатаные | ГОСТ 494—69 | Мягкие | 30 | 38 | — | — |
| | | Полутвердые | 35 | 30 | — | — |
| Трубки тонкостенные | ГОСТ 11383—65 | Мягкие | 30 | 38 | — | — |
| | | Твердые | 40 | 10 | — | — |

Продолжение

| Вид полу- фабриката | ГОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % | Глубина сфе- рической лунки при толщине материала (в мм) | |
|----------------------------------|-----------------|------------------|-----------------------------------|--------------------|--|-----------|
| | | | | | до 0,25 | 0,30—0,50 |
| Проволока диамет- ром (в мм): | ГОСТ 1066—58 | Мягкая | | | | |
| 0,10—0,18 | | | 38 | 20 | — | — |
| 0,20—0,75 | | | 35 | 25 | — | — |
| 0,80—1,4 | | | 32 | 30 | — | — |
| 1,50—12 | | | 30 | 40 | — | — |
| Проволока диамет- ром (в мм): | ГОСТ 1066—58 | Полу- твердая | | | | |
| 0,20—0,75 | | | 40 | 5 | — | — |
| 0,80—1,4 | | | 38 | 10 | — | — |
| 1,50—12 | | | 35 | 15 | — | — |
| 0,10—0,75 | | Твердая | 70—95 | — | — | — |
| 0,80—1,4 | | | 60—80 | — | — | — |
| 1,50—12 | | | 55—75 | — | — | — |

Примечание. Удлинение проволоки определялось при расчетной длине образца 100 мм.

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабри- ката | Состояние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} % | $\sigma_{0,005}$ изг | $\tau_{ср}$ | HB | σ_H кгс · м/см ² | σ_{-1}^* кгс/мм ² |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------|------------|--------------------|----------------------|-------------|------|---------------------------------------|--|
| | | | | | | | | | | |
| | | кгс/мм ² | | | | кгс/мм ² | | | | |
| Полосы | Мягкие | 11000 | 10 | 30 | 60 | 8 | 20 | 65 | 17 | 9 |
| | Твердые | 11500 | 45 | 52 | 12 | — | — | 160 | — | 13 |
| | Особо твер- дые | — | 60 | 70 | 2 | 45 | — | 200 | — | 14 |
| | То же + +отжиг 200°С—1 час | — | — | — | — | 52 | — | — | — | — |

* На базе $1 \cdot 10^8$ циклов.

Пределы ползучести ($\sigma_{0,01/1000}$), кгс/мм²

| Вид полу- фабриката | Состояние | Температура, °C | | |
|------------------------|--------------------------------------|-----------------|-----|-----|
| | | 150 | 200 | 250 |
| Полосы | Твердые на 40%) (деформированные) | 16,5 | 7,5 | 1,5 |

Физические свойства

Плотность 8600 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—300 | 20—500 |
|----------------------------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 19 | 20,5 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 20 | —50 | —100 | —150 |
|-----------------------|-----|-----|------|------|
| λ Вт/м · град | 113 | 100 | 87,9 | 75 |

Удельное электросопротивление

| Температура °C | 20 |
|---------------------------|---|
| $\rho \cdot 10^6$ Ом · см | 6,2 (мягкое состояние) 7,0 (деформированное состояние) |

Удельная теплоемкость

$c = 0,377$ кДж/кг · град.

Коррозионная стойкость

Латунь обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью, подвержена коррозионному растрескиванию. Для повышения сопротивления коррозионному растрескиванию необходим отжиг.

Скорость коррозии в различных средах

| Фтор | темпе- ратура °C | скорость мм/год | Сухой CO ₂ при высо- кой темпе- ратуре | H ₃ PO ₄ | | | HCl | | | HF | | | Морская вода | |
|------|------------------------|--------------------|--|--------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | | | | концент- ция % | темпера- тура °C | скорость мм/год | концент- рация % | темпера- тура °C | скорость мм/год | концент- рация % | темпера- тура °C | скорость мм/год | темпера- тура °C | скорость мм/год |
| 60 | 0,0005 | | Не разру- шается | 20 | 20 | 0,276 | Газ | —15 | 0,299 | Жидкий HF | —15 | 0,387 | 30 | 0,005 |
| | | | | 20 | 50 | 0,138 | 100 | 40 | 0,53 | (0,5—3 H ₂ O) | +15 | 0,051 | 50 | 0,011 |
| | | | | 20 | 75 | 0,275 | 100 | 100 | 2,30 | Газ HF | 40 | 0,112 | | |
| | | | | 40 | 15 | 0,114 | 100 | 250 | 3,00 | (0,5—3 H ₂ O) | 100 | 0,27 | | |
| | | | | 40 | 75 | 0,095 | 39 | 15 | 0,1—1,0 | | 300 | 0,041 | | |
| | | | | 60 | 15 | 0,023 | 0,036 | 15 | 0,13 | 100 | 500 | 2,14 | | |
| | | | | 60 | 75 | 0,038 | 0,036 | 50 | 0,50 | 100 | 38 | 0,457 | | |
| | | | | | | | 0,072 | 15 | 0,23 | Пары воды | 20 | 0,0025 | | |
| | | | | | | | 0,072 | 50 | 0,61 | | | | | |
| | | | | | | | 0,36 | 15 | 7,9 | | | | | |

Технологические данные

Латунь хорошо обрабатывается давлением в горячем и холодном состояни-
ях, пригодна для глубокой штамповки. Горячую обработку рекомендуется про-
водить в интервале температур 730—830°C. Температура отжига 450—700°C.
Для предупреждения растрескивания рекомендуется проводить отжиг при 250—
280°C. Температура литья 1100—1160°C, линейная усадка 1,92%; жидкотекуче-
сть — длина спирали 60 см.

Латунь удовлетворительно сваривается, паяется и обрабатывается резанием.

Применение

Обечайки, трубопроводы, патрубки, сильфоны и т. п.

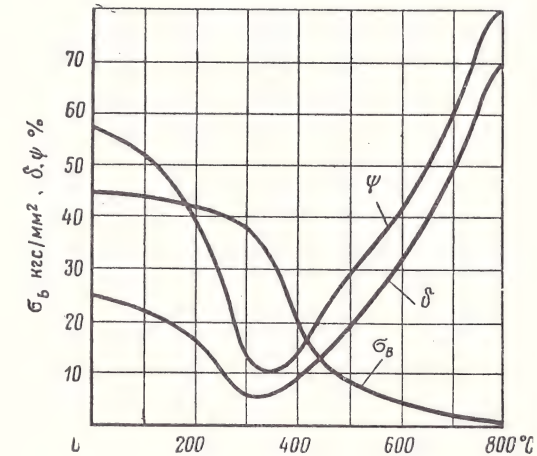


Рис. 1. Механические свойства прутков из латуни Л68, деформированных на 20%, при высоких температурах.

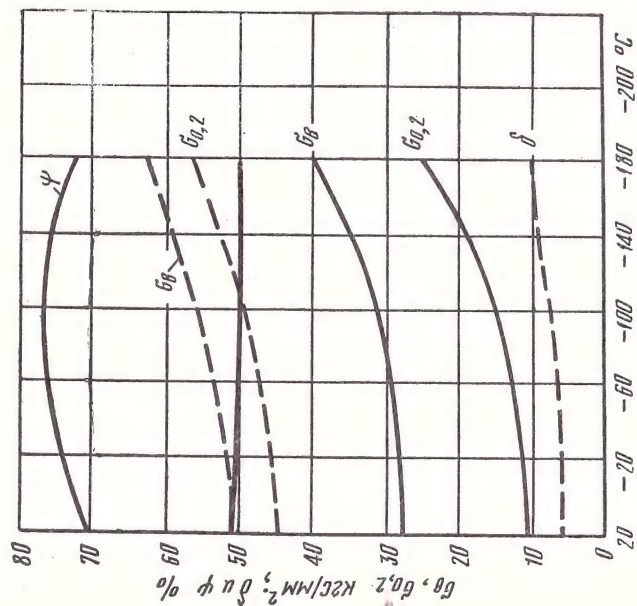


Рис. 2. Механические свойства латуни Л68 при низких температурах: — — — — — деформированная на 40%.

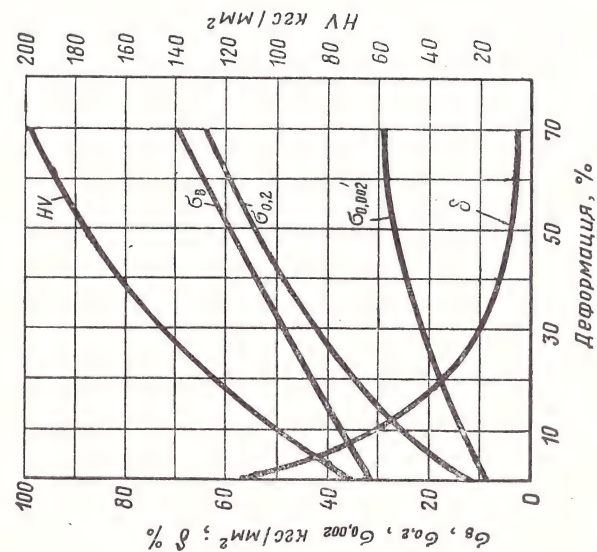


Рис. 3. Зависимость механических свойств ленты толщиной 0,5 мм из латуни Л68 от степени деформации.

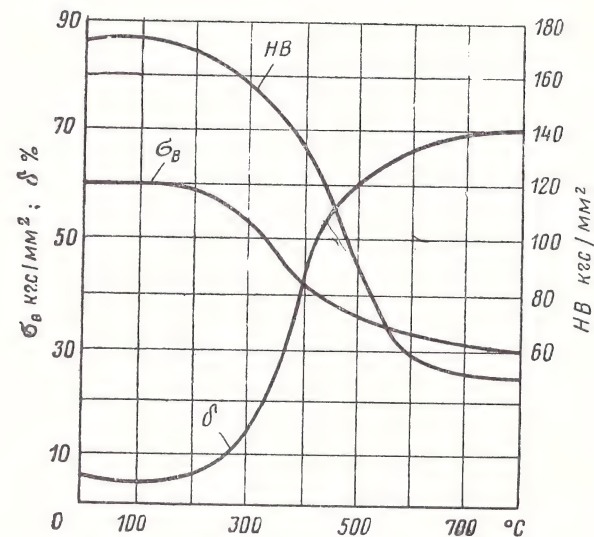


Рис. 4. Зависимость механических свойств ленты толщиной 2,5 мм из латуни Л68, холоднодеформированной на 50%, от температуры отжига.

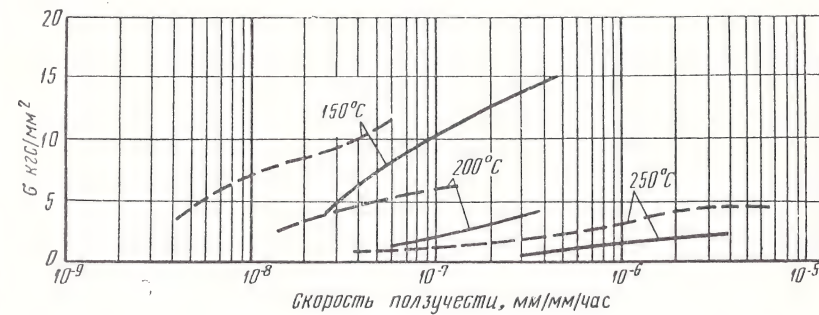


Рис. 5. Кривые ползучести отожженной ленты из латуни Л68: — — — — — величина зерна 0,016 мм; — — — — — величина зерна 0,085 мм.

Продолжение

| Вид полу- фабриката | ГОСТ или ТУ | Состояние | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | δ_{10} % | Глубина сфери- ческой лунки при толщине мате- риала (в мм) | |
|--|----------------------|------------------|--|--------------------|---|-----------|
| | | | | | до 0,25 | 0,30—0,50 |
| | | | | | | |
| Трубы тянутые и холодноката- ные | ГОСТ 494—69 | Мягкие | 30 | 38 | — | — |
| | | Полу- твердые | 34 | 30 | — | — |
| Трубы прессо- ванные | ГОСТ 494—69 | — | 28 | 38 | — | — |
| Трубки тонко- стенные | ГОСТ 11383—65 | Мягкие | 30 | 38 | — | — |
| | | Твердые | 40 | 10 | — | — |
| Трубки маноме- трические | ТУ 48-08- -339-72 | Твердые | 45 | 7 | — | — |
| Профили прес- сованные | ТУ 48-08- -372-70 | — | 30 | 30 | — | — |
| Проволока диа- метром (в мм): | ГОСТ 1066—58 | Мягкая | | | | |
| 0,10—0,18 | | | 35 | 18 | — | — |
| 0,20—0,50 | | | 35 | 20 | — | — |
| 0,55—1,0 | | | 35 | 26 | — | — |
| 1,10—4,8 | | | 35 | 30 | — | — |
| 5—12 | | | 32 | 34 | — | — |
| 0,20—1,0 | | Полу- твердая | 45 | 5 | — | — |
| | | | 40 | 10 | — | — |
| | | | 36 | 12 | — | — |
| 0,10—0,18 | | Твердая | 75—95 | — | — | — |
| | | | 70—95 | — | — | — |
| | | | 70—90 | — | — | — |
| | | | 60—80 | — | — | — |
| | | | 55—75 | — | — | — |

Примечание. Удлинение проволоки определялось на длине образца 100 мм.

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабри- ката | Состояние | E | $\sigma_{пл}$ | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | $\tau_{ср}$ | HB | a_n кгс · м/см ² | σ_{-1}^* кгс/мм ² |
|--------------------------------|--|---------------------|---------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------|------|----------------------------------|--|
| | | | | | | | | | | | |
| | | кгс/мм ² | | | | % | | кгс/мм ² | | | |
| Отливки | Литые | — | — | 12 | 33 | 35 | 50 | 24 | — | — | — |
| Прутки | Мягкие | 10500 | 6 | 15 | 36 | 60 | 75 | 28 | 70 | 14 | — |
| | Особо твердые (деформи- рованные на 60%) | — | 25 | 48 | 68 | 8 | 20 | — | 160 | — | 16 |

* На базе $1 \cdot 10^8$ циклов.

Физические свойства

Плотность 8500 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| | |
|----------------------------|--------|
| Температура °C | 20—300 |
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 20,8 |

Коэффициент теплопроводности

| | |
|---------------------|-----|
| Температура °C | 20 |
| λ Вт/м·град | 121 |

Удельное электросопротивление

| | |
|-------------------------|-----|
| Температура °C | 20 |
| $\rho \cdot 10^8$ ом·см | 6,2 |

Удельная теплоемкость

 $c = 0,377$ кдж/кг·град.

Антифрикционные свойства

Коэффициент трения:

со смазкой — 0,013;
без смазки — 0,39.

Коррозионная стойкость

Латунь обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью в атмосферных условиях, склонна к сезонному растрескиванию. Для устранения склонности к растрескиванию применяется отжиг.

Коррозионная усталость

| Состояние материала | σ_B | σ_{-1} (на воздухе) | σ_{-1} (в воде) |
|---------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------|
| | кгс/мм ² | | |
| Катаный | 59 | 16 | 12 |
| Отожженный | 23 | 14 | 12 |

Технологические данные

Латунь отлично обрабатывается давлением в горячем и холодном состояниях. Температура прокатки 750—850, прессования — 650—800, отжига — 400—600°C. Для снятия внутренних напряжений и предупреждения растрескивания рекомендуется отжиг при 250—280°C. В отожженном состоянии латунь пластична, пригодна для глубокой штамповки.

Температура литья 1060—1100°C.

Латунь удовлетворительно сваривается, паяется и обрабатывается резанием.

Применение

Трубопроводы, прокладки, шайбы, кольца, футорки, штифты, заклепки, кон-
тровка, оплетка шлангов и др.

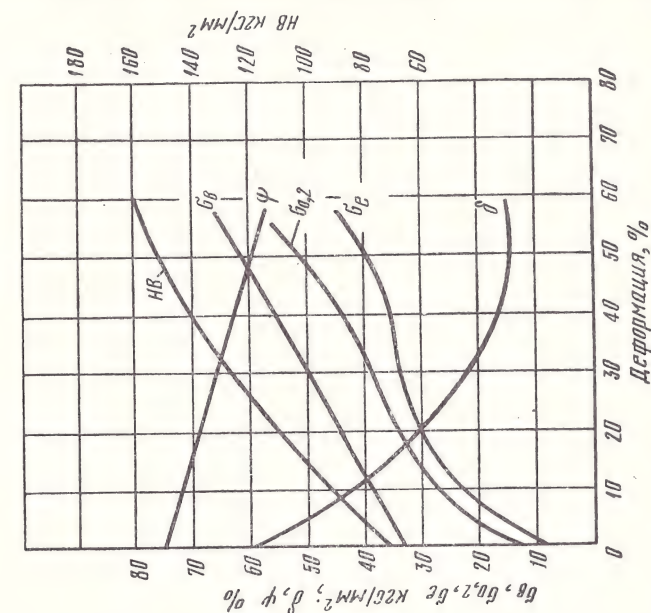


Рис. 2. Зависимость механических свойств прутков (мягких) диаметром 25 мм из латуни Л63 от степени деформации.

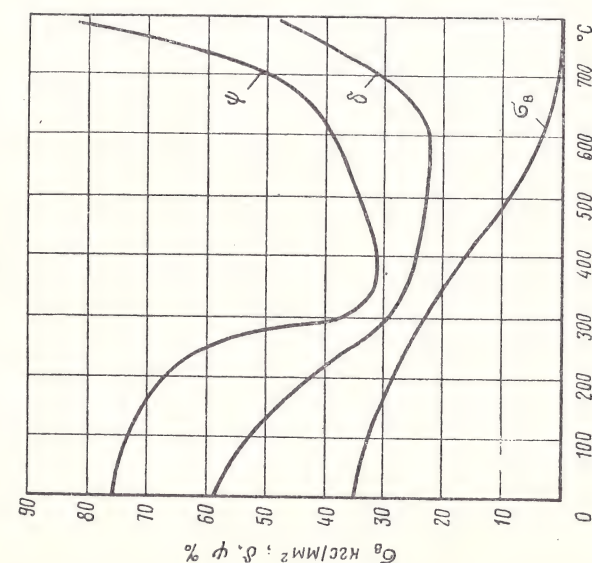


Рис. 1. Механические свойства латуни Л63 при высоких температурах.

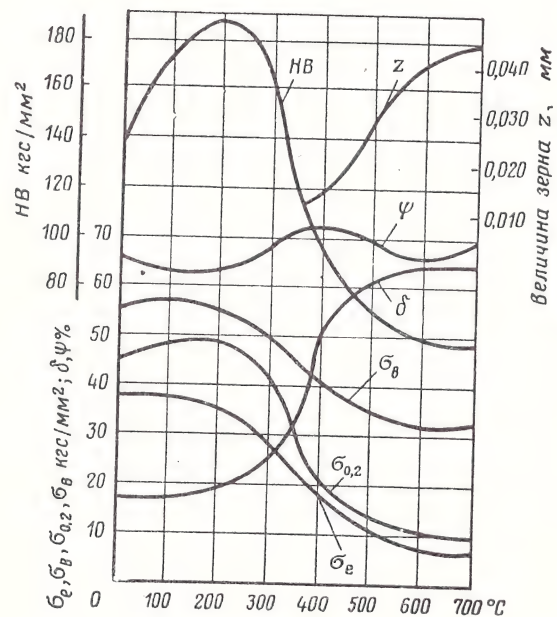


Рис. 3. Зависимость механических свойств прутков диаметром 25 мм из латуни Л63, деформированных на 40%, от температуры отжига в течение 1 час (величина зерна 0,045 мм).

ЛАТУНЬ СВИНЦОВАЯ

ЛС59-1 и ЛС59-1Л

Химический состав в %

| Марка | Cu * | Pb | Zn | Fe | Sb | Bi | P | Сумма приме- сей ** |
|---------|-----------|---------|----------------|----------|-------|-------|------|---------------------------|
| | | | | не более | | | | |
| ЛС59-1 | 57,0—60,0 | 0,8—1,9 | Осталь- ное | 0,5 | 0,010 | 0,003 | 0,02 | 0,75 |
| ЛС59-1Л | 57,0—61,0 | 0,8—1,9 | Осталь- ное | 0,8 | 0,05 | — | — | 2,0 |

* Допускается содержание никеля до 1,0% (за счет уменьшения содержания меди).

** Сумма примесей олова и кремния в латуни ЛС59-1 не должна превышать 0,5%.

Механические свойства по ГОСТ или ОСТ (не менее)

| Вид полуфабриката | ГОСТ или ТУ | Состояние | ЛС59-1 | | ЛС59-1Л | | |
|---|----------------|---------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------|------------------------|
| | | | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % | σ_B кгс/мм ² | δ_5 % | НВ кгс/мм ² |
| Листы | ГОСТ 931—70 | Горячекатаные | 37 | 18 | — | — | — |
| Листы, полосы и лента холоднокатаные | ГОСТ 2208—70 | Мягкие | 35 | 25 | — | — | — |
| | ГОСТ 931—70 | Твердые | 47 | 5 | — | — | — |
| Прутки тянутые, круглые диаметром (в мм): | ГОСТ 5.1149—71 | — | — | — | — | — | — |
| | 5—12 | — | 42 | 8 | — | — | — |
| | 13—16 | — | 40 | 12 | — | — | — |
| Прутки прессованные диаметром 10—160 мм | ГОСТ 2060—73 | — | 37 | 18 | — | — | — |
| Прутки тянутые диаметром (в мм): | ГОСТ 2060—73 | — | — | — | — | — | — |
| | 3—50 | Мягкие | 34 | 22 | — | — | — |
| | 3—40 | Полутвердые | 40 | 15 | — | — | — |

Продолжение

| Вид полу- фабриката | ГОСТ или ТУ | Состояние | ЛС59-1 | | ЛС59-1Л | | |
|--|------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|
| | | | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % | σ_B кгс/мм ² | δ_5 % | НВ кгс/мм ² |
| Прутки тяну- тые диаметром 3—12 мм | ГОСТ 2063—73 | Твердые | 50 | 5 | — | — | — |
| Трубы * | ГОСТ 494—69 | Прессо- ванные | 40 | 20 | — | — | — |
| Проволока диа- метром (в мм): | ГОСТ 1066—58 | | | | | | |
| 2—12 | | Мягкая | 35 | 30 | — | — | — |
| 2—12 | | Полу- твердая | 40 | — | — | — | — |
| 2—4,8 | | Твердая | 45—65 | 5 | — | — | — |
| 5—12 | | То же | 45—65 | 8 | — | — | — |
| Отливки (цент- робежное литье) | ГОСТ 17711—72 | Литые | — | — | 20 | 20 | — |
| Отливки (точ- ное литье) | ОСТ1 90046—72 | То же | — | — | 25 | 15 | 60 |

* Трубки прессованные из латуни ЛС59-1 выпускаются по ГОСТ 2624—67.

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабри- ката | Состояние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | $\tau_{ср}$ | НВ | a_n | σ_{-1}^* |
|-----------------------------|-------------------|---------------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------|-----|-----------------------|---------------------|
| | | кгс/мм ² | | | % | | кгс/мм ² | | кгс·м/см ² | кгс/мм ² |
| Полосы | Мягкие | — | 15 | 42 | 42 | 60 | 30 | 90 | 5 | — |
| | Полу- твердые | — | 35 | 50 | 15 | — | 40 | 140 | 6 | — |
| Прутки | Тянутые | 10000 | 50 | 60 | 6 | — | — | 165 | — | — |
| | Прессо- ванные | — | — | 45 | — | — | — | — | — | 16 |
| Отливки | Литые | — | 15 | 34 | 27 | — | — | 80 | 2,5 | — |

* На базе $5 \cdot 10^7$ циклов.

Механические свойства в различных направлениях при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | $\sigma_{\text{пц}}$ | | $\sigma_{0,2}$ | | $\sigma_{\text{в}}$ | | δ_{10} | |
|---------------------------|-------------------|----------------------|--------------|----------------|--------------|---------------------|--------------|---------------|--------------|
| | | вдоль | попе- рек | вдоль | попе- рек | вдоль | попе- рек | вдоль | попе- рек |
| | | | | | | | | | |
| кгс/мм ² | | | | | | | | % | |
| Прутки | Прессо- ванные | 17 | 15 | 39 | 36 | 48 | 46 | 16 | 15 |
| Листы толщиной 3 мм | Твердые | 22 | 21 | 47 | 46 | 58 | 58 | 11 | 5 |

Механические свойства при низких температурах

| Вид полу- фабриката | Состояние | Темпера- тура испытания °C | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ |
|------------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------------|------------|---------------|--------|
| | | | кгс/мм ² | | % | |
| Прутки | Мягкие | 20 | 14 | 37 | 50 | 62 |
| | | —78 | 17 | 38 | 50 | 64 |
| | | —183 | 20 | 48 | 50 | 62 |
| | Холоднока- танные | 20 | 32 | 44 | 28 | 57 |
| | | —78 | 38 | 49 | 27 | 59 |
| | | —183 | 49 | 60 | 30 | 57 |
| Листы | Горячеката- ные | 20 | — | 45 | 37 | 35 |
| | | —196 | — | 59 | 34 | 38 |
| | | —253 | — | 68 | 35 | 35 |

Физические свойства

Плотность 8500 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—300 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 21 |

Коэффициент теплопроводности

 $\lambda = 121$ Вт/м·град.

Удельное электросопротивление

 $\rho \cdot 10^6 = 6,5$ Ом·см (мягкое состояние).

Температура плавления 880—900°C.

Коррозионная стойкость

Латунь коррозионностойка, может применяться для работы в морской воде. Склонна к растрескиванию под напряжением. Для устранения склонности к растрескиванию применяют отжиг.

Технологические данные

Латунь применяется в деформированном и литом состояниях. В горячем состоянии отлично обрабатывается давлением, в холодном — удовлетворительно. Температура прокатки, прессования иковки 640—780°C, отжига — 400—600°C. Максимально допустимая деформация в холодном состоянии 45%, в горячем — 99%. Для снятия внутренних напряжений и устранения склонности к растрескиванию рекомендуется отжиг при 250—280°C.

Температура литья 1030—1080°C; линейная усадка 2,33%.

Латунь удовлетворительно сваривается и паяется; отлично обрабатывается резанием.

Применение

Трубы, стопоры, винты, штифты, шпильки, ниппели, футорки, корпуса кранов, прокладки, кольца, гайки, распылители, жиглеры, тройники, тяги, втулки, сухари, угольники, контровки.

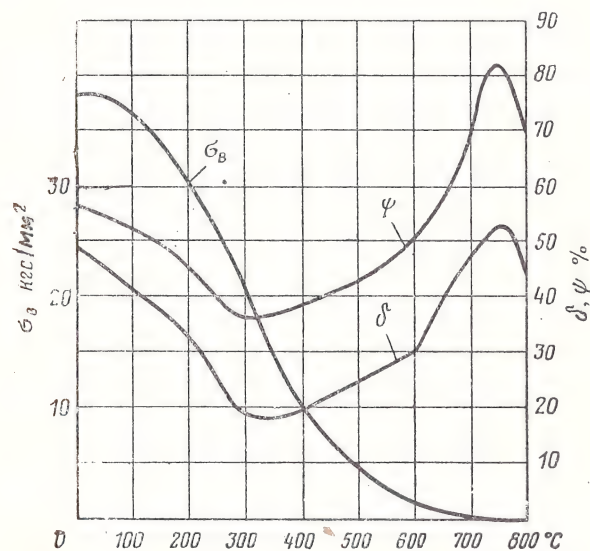


Рис. 1. Механические свойства при высокой температуре полосы толщиной 3 мм из латуни ЛС59-1, отожженной при 600°C — 1 час.

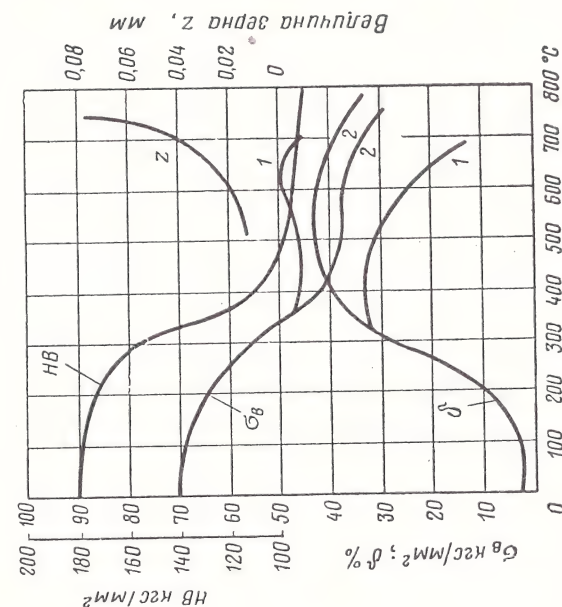


Рис. 3. Зависимость механических свойств полосы толщиной 2 мм из латуни ЛС59-1, деформированной на 60%, от температуры отжига в течение 1 час: 1 — закалка, 2 — медленное охлаждение.

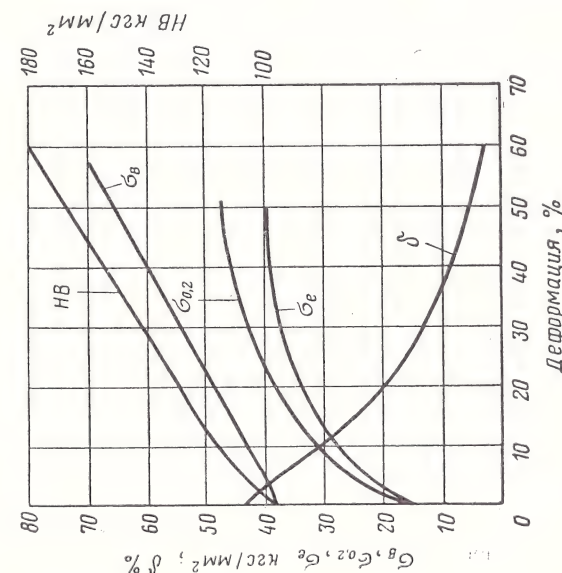


Рис. 2. Зависимость механических свойств полосы толщиной 2 мм из латуни ЛС59-1, отожженной при 600°C — 1 час, от степени деформации (величина зерна 0,02 мм).

| ЛАТУНЬ ОЛОВЯННАЯ | | | | ЛО70-1 | | | | |
|-------------------------|---------|-----------|----------|--------|-------|-------|------|----------------|
| Химический состав * в % | | | | | | | | |
| Cu | Sn | Zn | Fe | Pb | Sb | Bi | P | Сумма примесей |
| | | | не более | | | | | |
| 69,0—71,0 | 1,0—1,5 | Остальное | 0,1 | 0,07 | 0,005 | 0,002 | 0,01 | 0,3 |

* Допускается содержание никеля в количестве до 0,5% (за счет уменьшения содержания меди).

Механические свойства по ГОСТ (не менее)

| Вид полуфабриката | ГОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % |
|--------------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Трубы тянутые и холоднокатаные | ГОСТ 494—69 | Мягкие Полутвердые | 30 35 | 38 30 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | E | $\sigma_{пц}$ | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | $\tau_{ср}$ | HB | σ_{-1}^* |
|--------------------|-------------|---------------------|---------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------|-----|-----------------|
| | | кгс/мм ² | | | % | | | кгс/мм ² | | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | — | 8 | 18 | 25 | 45 | 45 | 20 | 60 | 10 |
| Прутки | Мягкие | 11000 | — | 16 | 35 | 62 | 70 | — | 70 | 12 |
| | Полутвердые | — | 22 | — | 45 | 35 | — | — | — | — |
| | Твердые | — | — | — | 58 | 10 | 28 | — | 140 | — |

* На базе $1 \cdot 10^7$ циклов.

Пределы ползучести

| Вид полуфабриката | Состояние | Температура испытания °C | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % | $\sigma_{0,001/100}$ | $\sigma_{0,01/1000}$ | $\sigma_{0,1/1000}$ | $\sigma_{1/1000}$ |
|-------------------|--|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------|
| | | | | | кгс/мм ² | | | |
| Прутки | Особо твердые (деформированные на 60%) | 150 | 76 | 6 | 7,0 | 22 | 36 | — |
| | | 200 | | | — | 1 | 6,5 | — |
| | | 250 | | | 0,1 | 0,3 | 0,7 | — |
| | Полутвердые (деформированные на 26%) | 200 | 48 | 35 | — | 9 | 13 | 19 |
| | | 300 | | | — | 0,7 | 1,4 | 2,7 |
| | | | | | | | | |

Физические свойства

Плотность 8500 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| | |
|----------------------------|--------|
| Температура °C | 20—300 |
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 19,7 |

Коэффициент теплопроводности

| | |
|-----------------------|-----|
| Температура °C | 20 |
| λ Вт/м · град | 109 |

Удельная теплоемкость

$c=0,377$ кДж/кг · град.

Удельное электросопротивление

$\rho \cdot 10^6=7,0$ ом · см.

Коррозионная стойкость

Латунь обладает повышенной коррозионной стойкостью, может применяться для работы в морской воде. В холоднодеформированном состоянии склонна к растрескиванию. Для устранения склонности к растрескиванию применяют отжиг.

Технологические данные

Удовлетворительно обрабатывается давлением в горячем и холодном состояниях. Температура прессования 650—700, отжига — 400—600°C. Для снятия внутренних напряжений и устранения чувствительности к коррозионному растрескиванию проводится отжиг при 250—280°C. Температура литья 1150—1180°C.

Применение

Трубопроводы для коррозионно-активных жидкостей.

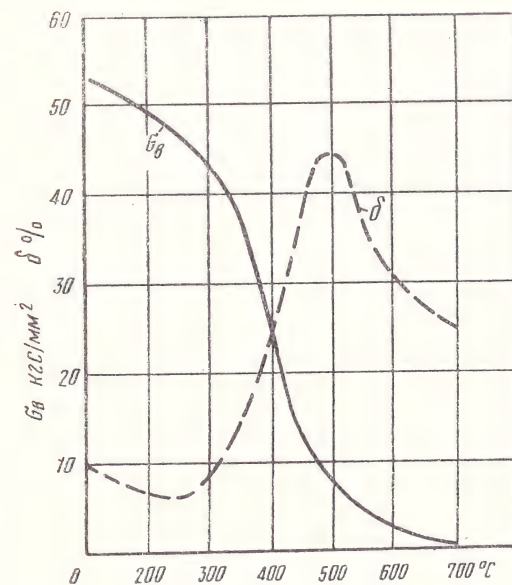


Рис. 1. Механические свойства при высоких температурах прутков диаметром 25 мм из латуни ЛО70-1, деформированных на 35%.

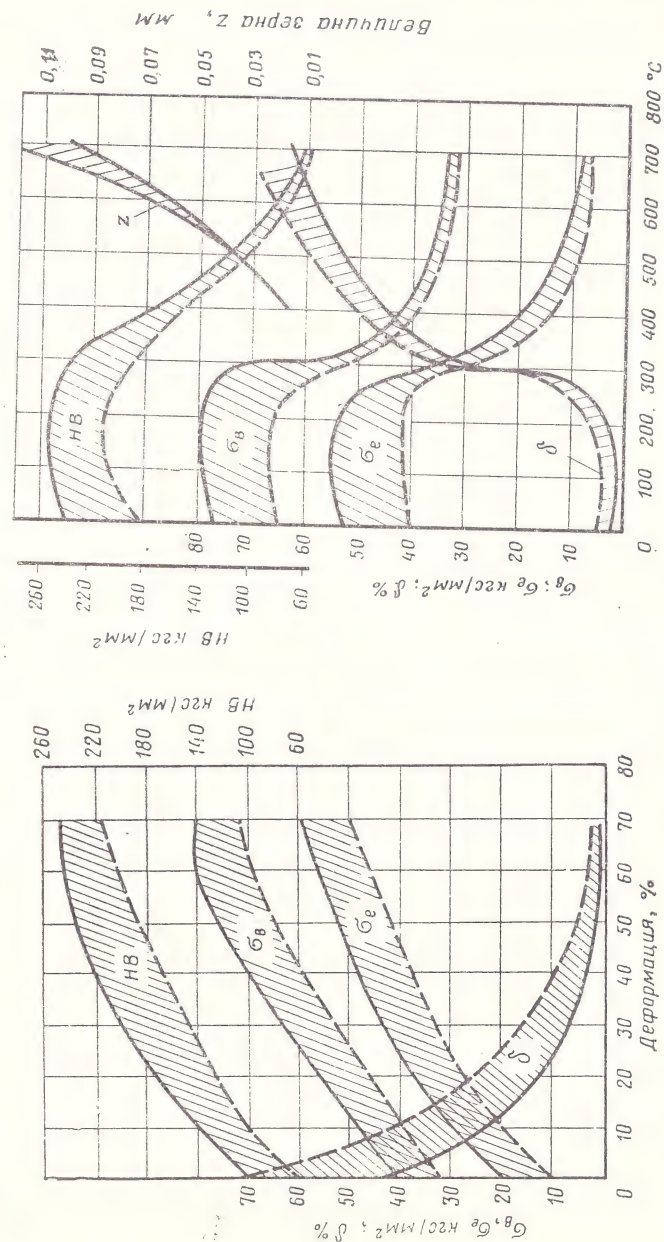


Рис. 2. Зависимость механических свойств мягких листов толщиной 1 мм из латуни ЛО70-1 от степени деформации и величины зерна (z): — Z=0,015 мм; --- Z=0,08 мм.

Рис. 3. Зависимость механических свойств листов из латуни ЛО70-1 толщиной 1 мм, деформированных на 50%, от температуры отжига и величины зерна (z): — Z=0,015 мм; --- Z=0,08 мм.

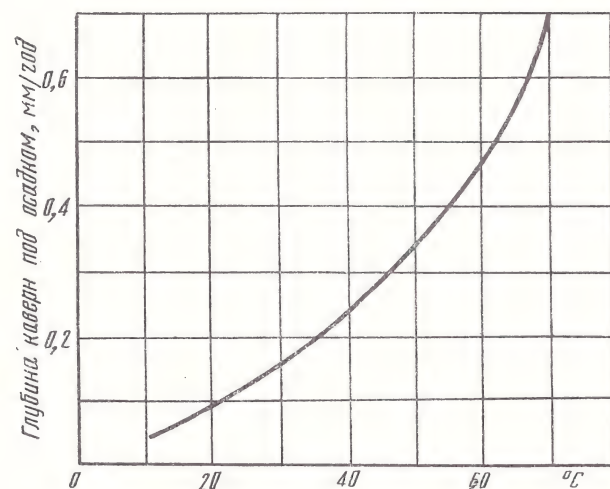


Рис. 4. Зависимость скорости коррозии латуни ЛО70-1 в 3%-ном растворе NaCl от температуры испытания.

ЛАТУНЬ ОЛОВЯННАЯ

ЛО62-1

Химический состав * в %

| Cu | Sn | Zn | Fe | Pb | Sb | Bi | P | Сумма примесей |
|-----------|---------|-----------|------|------|-------|-------|------|----------------|
| не более | | | | | | | | |
| 61,0—63,0 | 0,7—1,1 | Остальное | 0,10 | 0,10 | 0,005 | 0,002 | 0,01 | 0,3 |

* Допускается содержание никеля в количестве до 0,5% (за счет уменьшения содержания меди).

Механические свойства по ГОСТ (не менее)

| Вид полуфабриката | ГОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % |
|-------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Листы | ГОСТ 931—70 | Горячекатаные | 35 | 20 |
| Листы и полосы холоднокатаные | ГОСТ 931—70 | Твердые | 40 | 5 |
| Прутки диаметром (в мм): | ГОСТ | | | |
| 3—50 | 2060—73 | Тянутые полутвердые | 40 | 15 |
| 10—160 | | Прессованные | 37 | 20 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} % | $\tau_{ср}$ | HB | σ_H кгс · м/см ² | σ_{-1}^* кгс/мм ² |
|------------------------|-------------------|---------------------|----------------|------------|--------------------|---------------------|-----|---------------------------------------|--|
| | | кгс/мм ² | | | | кгс/мм ² | | | |
| Отливки | Литые | 10500 | — | 35 | 25 | — | 82 | 7 | — |
| Прутки | Прессо- ванные | — | 18 | 40 | 40 | — | 100 | — | — |
| Полосы | Твердые | — | 36 | 50 | 15 | 40 | 155 | — | 14,5 |
| Прутки | Тянутые | — | 45 | 65 | 10 | — | 180 | — | — |

* На базе $1 \cdot 10^7$ циклов.

Механические свойства при высоких температурах

| Вид полу- фабриката | Состояние | Темпера- тура ис- пытания °C | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % | HB кгс/мм ² |
|------------------------|--------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Прутки | Прессованные | 100 | 42 | 41 | 83 |
| | | 200 | 41 | 32 | 73 |
| | | 300 | 37 | 30 | 61 |
| | | 500 | 21 | 46 | 51 |

Физические свойства

Плотность 8500 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

Температура
°C 20—300 $\alpha \cdot 10^6$ 1/град 20,3

Коэффициент теплопроводности

Температура
°C 20 λ Вт/м · град 117

Удельное электросопротивление

 $\rho \cdot 10^6 = 7,0$ Ом · см.

Удельная теплоемкость

 $c = 0,377$ кДж/кг · град.

Температура плавления 890—900°C.

Коррозионная стойкость

Латунь обладает повышенной коррозионной стойкостью в морской воде. Склонна к растрескиванию, которое устраняется отжигом.

Технологические данные

Латунь удовлетворительно обрабатывается давлением в горячем и холодном состояниях. Температура прокатки и прессования 700—750, отжига — 400—600°C. Для снятия внутренних напряжений и повышения сопротивления коррозионному растрескиванию отжиг проводится при 250—280°C. Температура литья 1060—1100°C. Латунь хорошо сваривается, паяется и обрабатывается резанием.

Применение

Детали, контактирующие в процессе работы с морской водой или бензином.

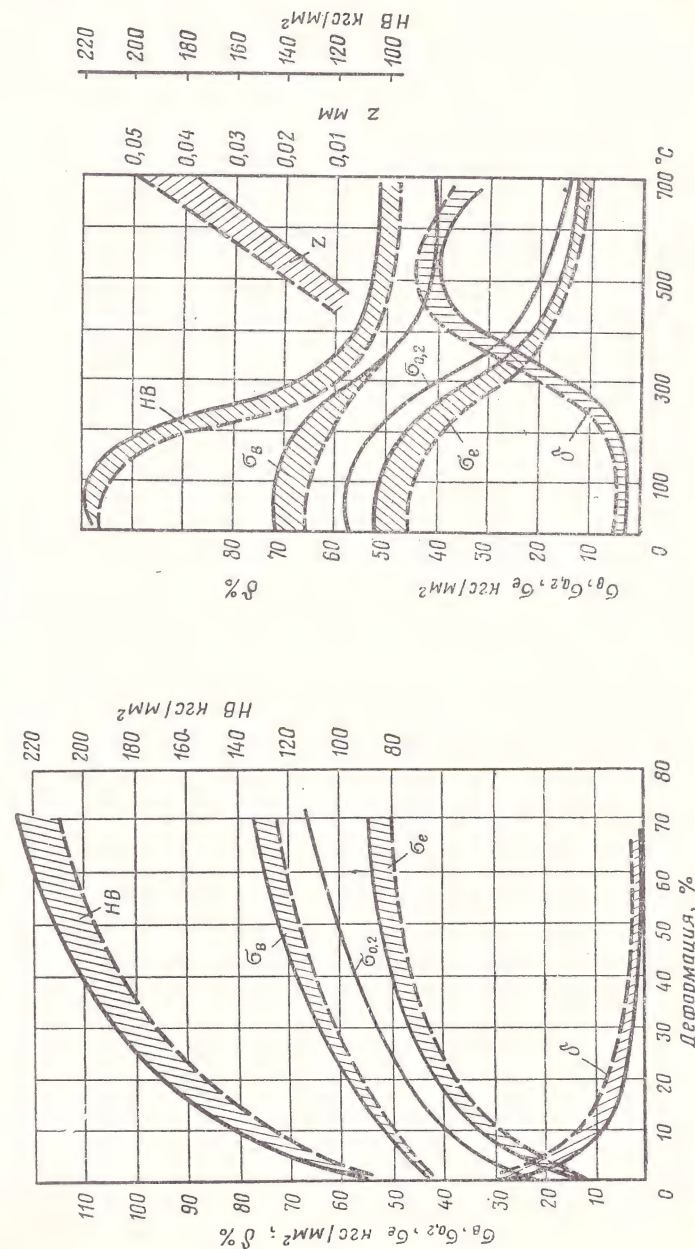


Рис. 1. Зависимость механических свойств мягкой ленты толщиной 1 мм из латуни Л062-1 от степени деформации и величины зерна (z): — Z = 0,015 мм; — — — Z = 0,08 мм.

Рис. 2. Зависимость механических свойств ленты толщиной 1 мм из латуни Л062-1, деформированной на 50%, от температуры отжига и величины зерна (z). Продолжительность отжига 1 час: — Z = 0,015 мм; — — — Z = 0,08 мм.

| | |
|---------------------------|------------------------|
| ЛАТУНЬ АЛЮМИНИЕВОЖЕЛЕЗНАЯ | ЛАЖ60-1-1 и ЛАЖ60-1-1Л |
|---------------------------|------------------------|

Химический состав * в %

| Марка | Cu | Al | Fe | Mn | Sn |
|------------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|
| ЛАЖ60-1-1 | 58,0—61,0 | 0,75—1,50 | 0,75—1,50 | 0,1—0,6 | — |
| ЛАЖ60-1-1Л | 58,0—61,0 | 0,75—1,50 | 0,75—1,50 | 0,1—0,6 | 0,2—0,7 |

Продолжение

| Марка | Zn | Pb | Sb | Bi | P | Сумма примесей |
|------------|-----------|----------|-------|-------|------|----------------|
| | | не более | | | | |
| ЛАЖ60-1-1 | Остальное | 0,4 | 0,005 | 0,002 | 0,01 | 0,7 |
| ЛАЖ60-1-1Л | Остальное | 0,4 | 0,1 | — | 0,01 | 0,7 |

* В латуни ЛАЖ60-1-1 допускается содержание никеля в количестве до 0,5%, в латуни ЛАЖ60-1-1Л — до 1 % (за счет уменьшения содержания меди).

Механические свойства по ОСТ или ГОСТ (не менее)

| Вид полуфабриката | ГОСТ или ОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² |
|----------------------------|---------------|--------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Прутки диаметром 10—160 мм | ГОСТ 2060—73 | Прессованные | 45 | 18 | — |
| Отливки (в кокиль) | ОСТ1 90054—72 | Литые | 42 | 18 | 90 |
| Отливки (точное литье) | ОСТ1 90046—72 | | 38 | 15 * | 90 |

* $l=5d$.

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | НВ | σ_{-1} * |
|-------------------|--------------|---------------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------|-----------------|
| | | кгс/мм ² | | | % | | кгс/мм ² | |
| Прутки | Прессованные | 11500 | — | 55 | 25 | — | 130 | 15 |
| Отливки | Отожженные | — | 20 | 40 | 25 | 30 | 95 | |

* На базе $1 \cdot 10^7$ циклов.

Физические свойства

Плотность 8200 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—200 | 20—300 |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 18,4 | 20,1 | 21,6 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 20 | 100 | 200 |
|---------------------|----|-----|-----|
| λ Вт/м·град | 96 | 108 | 112 |

Удельное электросопротивление

| Температура °C | 20 | 100 | 200 |
|-------------------------|-----|-----|------|
| $\rho \cdot 10^6$ Ом·см | 9,0 | 9,5 | 11,0 |

Коррозионная стойкость

Латунь обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью в атмосферных условиях, в пресной и морской воде.

Технологические данные

Латунь хорошо обрабатывается давлением. Применяется также для изготовления деталей методом точного литья. Температура прессования 700—750°C, отжига — 500—700°C, литья — 950—1100°C.

Применение

Шестерни, втулки, трубы и другие детали, а также детали, работающие в морской воде.

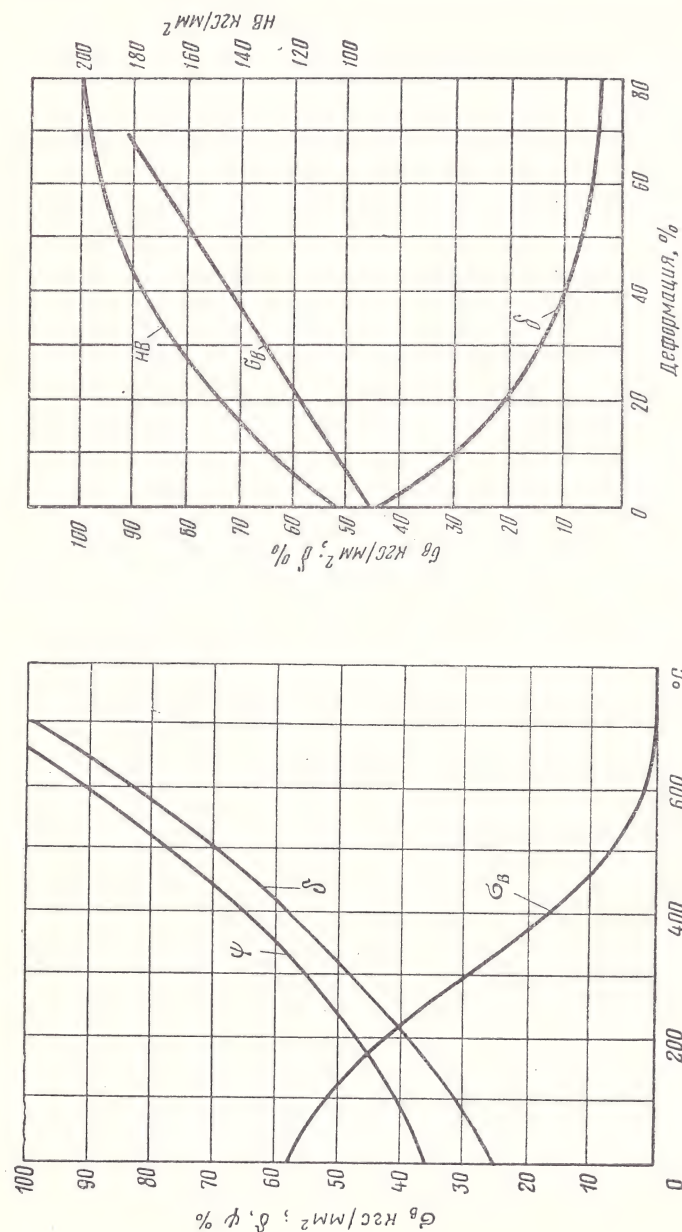


Рис. 1. Механические свойства горячекатаной полосы толщиной 3 мм из латуни ЛАЖ60-1-1 при высоких температурах.

Рис. 2. Зависимость механических свойств мягкой полосы толщиной 3 мм из латуни ЛАЖ60-1-1 от степени деформации.

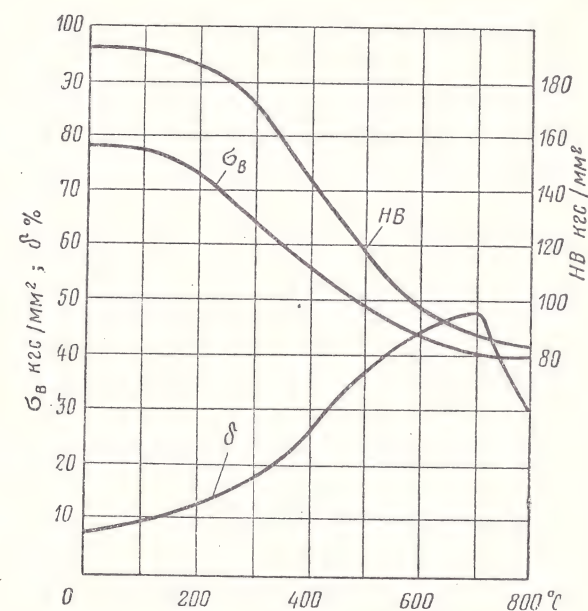
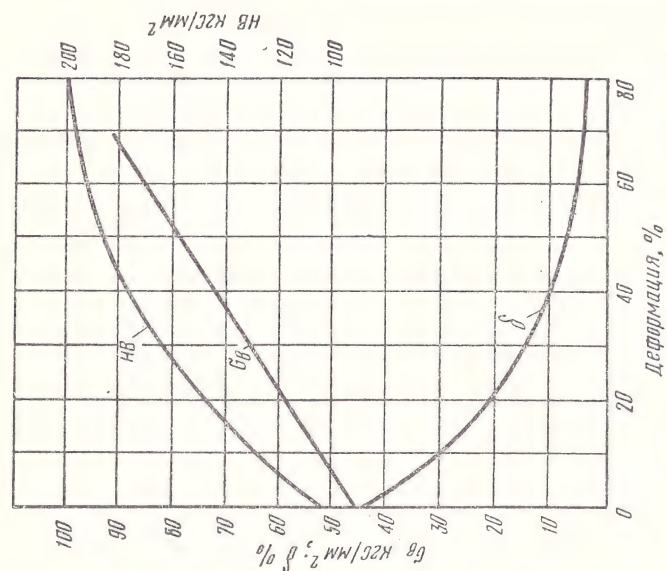


Рис. 3. Зависимость механических свойств полосы толщиной 3 мм из латуни ЛАЖ60-1-1, деформированной на 50%, от температуры отжига.

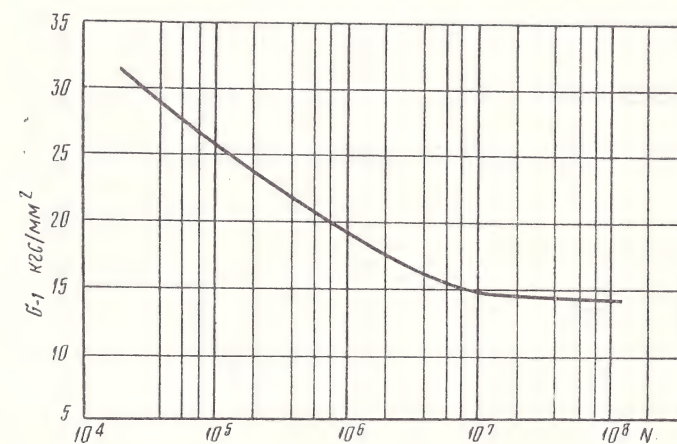


Рис. 4. Кривая выносливости при изгибе литой латуни ЛАЖ60-1-1.

ЛАТУНЬ ЖЕЛЕЗОМАНГАНЦОВАЯ

ЛЖМц59-1-1

Химический состав * в %

| Cu | Fe | Mn | Al | Sn | Zn | Pb | Sb | Bi | P | Сумма примесей |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------|------|-------|------|----------------|
| | | | | | | не более | | | | |
| 57,0— —60,0 | 0,6— —1,2 | 0,5— —0,8 | 0,1— —0,4 | 0,3— —0,7 | Осталь- ное | 0,20 | 0,01 | 0,003 | 0,01 | 0,25 |

* Допускается содержание никеля в количестве до 0,5% (за счет уменьшения содержания меди).

Механические свойства по ТУ или ГОСТ (не менее)

| Вид полуфабриката | ТУ или ГОСТ | Состояние | σ_b кгс/мм ² | δ_{10} % |
|-----------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Трубы | ГОСТ 494—69 | Прессованные | 44 | 28 |
| Прутки диаметром (в мм): | ГОСТ 2060—73 | | | |
| 3—12 | | Тянутые полу- твердые | 50 | 15 |
| св. 12—50 | | | 45 | 17 |
| 10—160 | | Прессованные | 44 | 28 |
| Полосы | ТУ 48-08-446-71 | Твердые | 50 | 15 |

Примечание. Трубы фасонные выпускаются по ТУ 48-08-355-70.

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_b | δ_{10} | ψ | $\tau_{ср}$ | HB | $a_{ц}$ кгс·м/см ² |
|------------------------|-------------------|---------------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------|-----|----------------------------------|
| | | кгс/мм ² | | | % | | кгс/мм ² | | |
| Прутки | Прессо- ванные | 10600 | 20 | 50 | 35 | 50 | 30 | 120 | 12 |
| | Тянутые | — | 40 | 60 | 20 | — | 35 | 180 | — |

Физические свойства

Плотность 8500 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—200 | 20—300 |
|----------------------------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 22 | 22,7 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 20 |
|---------------------|-----|
| λ вт/м·град | 100 |

Удельное электросопротивление

$\rho \cdot 10^6 = 7,3$ ом·см.

Антифрикционные свойства

Коэффициент трения

со смазкой — 0,012;
без смазки — 0,3.

Коррозионная стойкость

Латунь обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и пресной воде.

Технологические данные

Латунь хорошо деформируется в горячем состоянии и удовлетворительно — в холодном. Температура обработки давлением 700—750, отжига 500—700, литья 1040—1080°C. Хорошо обрабатывается резанием.

Применение

Детали трения: кольца, втулки и другие детали арматуры неотвественного назначения

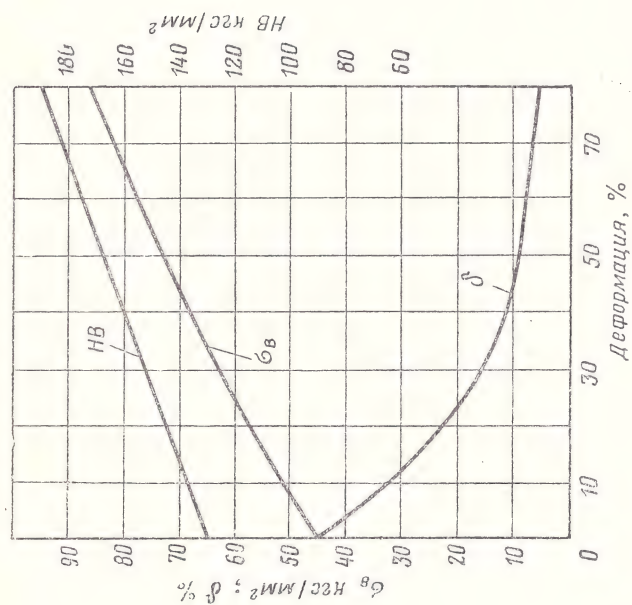


Рис. 2. Зависимость механических свойств полосы (мягкой) толщиной 3 мм из латуни ЛЖМц59-1-1 от степени деформации.

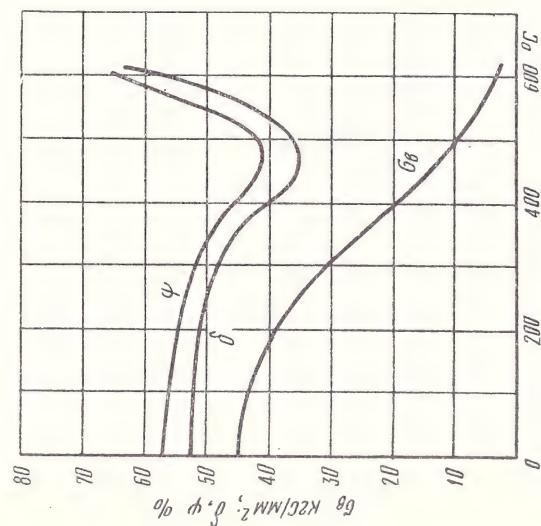


Рис. 1. Механические свойства полосы (мягкой) толщиной 3 мм из латуни ЛЖМц59-1-1 при высоких температурах.

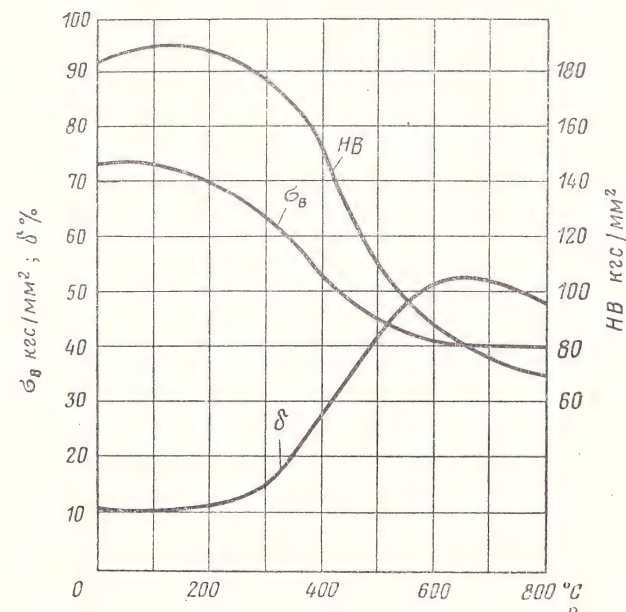


Рис. 3. Зависимость механических свойств полосы из латуни ЛЖМц59-1-1 толщиной 3 мм, деформированной на 50%, от температуры отжига.

| | |
|--------------------|----------|
| ЛАТУНЬ АЛЮМИНИЕВАЯ | ЛА67-2,5 |
|--------------------|----------|

Химический состав * в %

| Cu | Al | Zn | Pb | Sn | Sb | Fe | Mn | Сумма примесей |
|-----------|---------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
| не более | | | | | | | | |
| 66,0—68,0 | 2,0—3,0 | Остальное | 1,0 | 1,0 | 0,1 | 0,8 | 0,5 | 3,4 |

* Допускается содержание никеля в количестве до 1,0% (за счет уменьшения содержания меди).

Механические свойства по ГОСТ или ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ГОСТ или ОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_5 % | НВ кгс/мм ² |
|-----------------------------|---------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Отливки | ГОСТ 17711—72 | Литые | | | |
| в кокиль | | | 40 | 15 | 90 |
| в землю | | | 30 | 12 | — |
| Отливки (точ- ное литье) | ОСТ1 90046—72 | | 30 | 15 | 90 |

Физические свойства

Плотность 8500 кг/м³.

Коэффициент теплопроводности

$\lambda = 113$ Вт/м·град.

Коррозионная стойкость

Латунь обладает хорошей коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Температура литья 950—1050°C; линейная усадка 1,8%. Жидкотекучесть: длина спирали 90 см. Латунь удовлетворительно обрабатывается резанием.

Применение

Различные детали арматуры, фасонные детали приборов и агрегатов.

| | |
|-------------------|------------------|
| ЛАТУНЬ КРЕМНИСТАЯ | ЛК80-3 и ЛК80-3Л |
|-------------------|------------------|

Химический состав * в %

| Марка | Cu | Si | Zn | Fe | Pb |
|----------|-----------|---------|-----------|-----|-----|
| не более | | | | | |
| ЛК80-3 | 79,0—81,0 | 2,5—4,0 | Остальное | 0,6 | 0,1 |
| ЛК80-3Л | 79,0—81,0 | 2,5—4,5 | » | 0,6 | 0,5 |

Продолжение

| Марка | Sb | Bi | P | Mn | Sn | Al | Сумма примесей |
|----------|------|-------|------|-----|-----|-----|----------------|
| не более | | | | | | | |
| ЛК80-3 | 0,05 | 0,003 | 0,02 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 1,5 |
| ЛК80-3Л | 0,1 | — | — | 1,0 | 0,3 | 0,1 | 2,8 |

* В латуни ЛК80-3 допускается содержание никеля в количестве до 0,5% (за счет уменьшения содержания меди); в латуни ЛК80-3Л — до 0,2% (за счет снижения суммы примесей).

Механические свойства по ГОСТ или ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ГОСТ или ОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_5 % | НВ кгс/мм ² |
|------------------------|---------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Отливки | ГОСТ 17711—72 | Литые | | | |
| в кокиль | | | 30 | 15 | 100 |
| в землю | | | 30 | 15 | 110 |
| Точные отливки | ОСТ1 90046—72 | Литые | 25 | 10 | 90 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состоя- ние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | НВ кгс/мм ² | a_n кгс·м/см ² | σ_{-1} * кгс/мм ² |
|------------------------|----------------|---------------------|----------------|------------|---------------|---------------------------|--------------------------------|--|
| | | кгс/мм ² | | | % | | | |
| Отливки в кокиль | Литые | 10000 | 12 | 40 | 15 | 90 | 12 | 15 |

* На базе $1 \cdot 10^8$ циклов.

Физические свойства

Плотность 8350 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—200 | 20—300 |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 17 | 18 | 19,1 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 20 |
|---------------------|------|
| λ Вт/м·град | 29,3 |

Удельное электросопротивление

| Температура °C | 20 | 100 | 200 | 300 |
|-------------------------|----|-----|-----|-----|
| $\rho \cdot 10^6$ Ом·см | 27 | 29 | 31 | 33 |

Удельная теплоемкость

 $c=0,377$ кДж/кг·град.

Температура плавления 820—915°C.

Коррозионная стойкость

Латунь обладает хорошей коррозионной стойкостью. Скорость коррозии в морской воде — 0,011 мм/год.

Технологические данные

Латунь применяется в литом и деформированном состоянии. Рекомендуемая температура литья 950—1000°C. Линейная усадка 1,7%. Жидкотекучесть: длина спирали 90 см. Обработывается давлением в горячем и холодном состояниях. Температура горячей обработки 750—850°C. Хорошо обрабатывается резанием. Для снятия напряжений рекомендуется отпуск при 250—280°C.

Применение

Фасонные детали приборов и агрегатов.

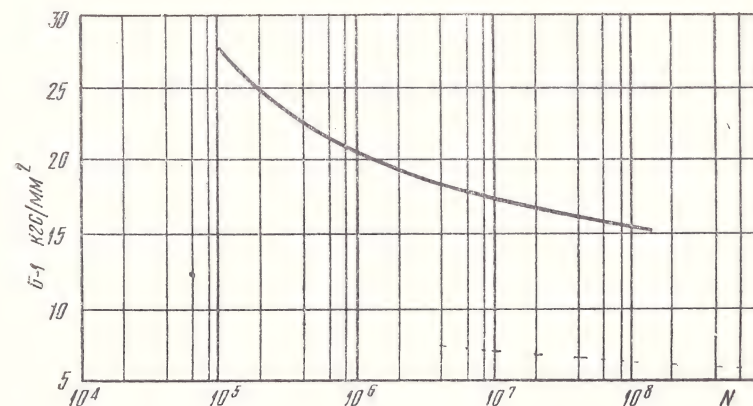


Рис. 1. Кривая выносливости при изгибе латуни ЛК80-3.

Бронзы

Бронзы представляют собой сплавы меди, содержащие в качестве основной легирующей добавки какой-либо металл, кроме цинка.

К группе конструкционных бронз относятся бронзы оловянно-фосфористые, оловянно-свинцово-цинковые, алюминивно-железные, алюминивно-марганцовистые и алюминивно-железоникелевые.

Для изготовления силовых коррозионностойких деталей и арматуры, а также деталей, работающих на трение, применяются деформируемые оловянистые и алюминиевые бронзы.

Оловянно-фосфористая бронза БрОФ6,5-0,15 обладает после деформации высокой прочностью и упругостью и применяется для изготовления пружинящих деталей приборов.

Бронза БрОФ7-0,2 имеет высокие механические свойства при комнатной и повышенных температурах. Выпускается только в виде прессованных прутков, так как повышенное содержание олова затрудняет обработку давлением. Износостойкость бронзы можно повысить путем холодной протяжки.

Оловянно-свинцово-цинковая бронза марки БрОЦС4-4-2,5 обладает пластичностью, хорошими антифрикционными свойствами и выпускается в виде холоднокатаных полос для изготовления свертных втулок подшипников.

Бронзы всех указанных марок хорошо обрабатываются резанием, особенно в нагартованном состоянии, удовлетворительно паяются и свариваются.

Алюминиевые бронзы БрАЖ9-4, БрАЖМц10-3-1,5 и БрАЖН10-4-4 применяются для изготовления конструкционных деталей (кронштейнов, шестерен, коромысел, направляющих различного рода, гаек и др.), работающих в атмосферных условиях и других средах, где требуются высокая прочность и хорошая коррозионная стойкость. Эти сплавы отличаются высокими механическими свойствами при низких и высоких температурах и мало окисляются при высоких температурах.

Алюминиевые бронзы применяются как в виде деформированных полуфабрикатов, так и в литом состоянии.

Твердость алюминиевых бронз, содержащих 10—11% Al, можно изменять путем закалки и отпуска. При меньшем содержании алюминия старение бронз незначительно. При повышении температуры закалки и снижении температуры отпуска значительно уменьшается относительное удлинение (при небольшом возрастании предела прочности).

При медленном охлаждении бронз БрАЖ9-4 и БрАЖМц10-3-1,5 до температур ниже 600°C (при литье крупных деталей) может возникнуть повышенная хрупкость металла. Однако ее можно

предупредить, охлаждая отливки на воздухе с температуры ~700°C.

Горячую ковку или штамповку алюминиевых бронз производят при 700—900°C. Алюминиевые бронзы поставляются в виде горячепрессованных полуфабрикатов, так как при холодной деформации в результате быстрого упрочнения сплавы теряют пластичность.

Бронзу БрАЖ9-4 можно чеканить, расклепывать и подвергать другим видам холодной деформации в пределах 10—12%.

Алюминиевые бронзы хорошо поддаются механической обработке.

Алюминиевые бронзы применяют для изготовления деталей, работающих при повышенных температурах.

БРОНЗЫ ОЛОВЯННОФОСФОРИСТЫЕ

БрОФ6,5-0,15; БрОФ7-0,2

Химический состав в %

| Марка | Sn | P | Cu | Fe | Pb | Sb | Bi | S | Al | Si | Сумма примесей |
|--------------|-----|----------------|----------------|----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| | | | | не более | | | | | | | |
| БрОФ6,5-0,15 | 6—7 | 0,1— —0,25 | Осталь- ное | 0,02 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | — | 0,002 | 0,002 | 0,1 |
| БрОФ7-0,2 | 7—8 | 0,10— —0,25 | | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,002 | 0,002 | 0,01 | 0,02 | 0,1 |

Примечание. Допускается содержание цинка в количестве до 0,3 и никеля до 0,2% за счет уменьшения содержания меди

Механические свойства по ТУ, ОСТ или ГОСТ (не менее)

| Марка | Вид полу- фабриката | ТУ, ОСТ или ГОСТ | Состоя- ние | σ_B | δ_{10} | НВ |
|--------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------|------------------|----|
| | | | | кгс/мм ² | % | |
| БрОФ6,5-0,15 | Полосы и лента | ГОСТ 1761—70 * | Мяг- кие | 30 | 38 | — |
| | | | Полу- твердые | 45—58 | 10 | — |
| | | | Твер- дые | 58 | 5 | — |
| | | | Особо твердые | 70 | — | — |
| | Лента | ТУ 48-08- 390-71 | Твер- дая | — | 5—16 | — |
| | Лента | ТУ 48-21- 155-72 | Тер- мообра- ботан- ная | 60 | 10 | — |
| | Отливки (точное литье) Полосы | ОСТ1 90046—72 ЦМТУ 08-186-69 | Литые | 25 | 25 ($l=5d$) | 60 |
| | | | Особо твердые | 70—85 | — | — |

Продолжение

| Марка | Вид полу- фабриката | ТУ, ОСТ или ГОСТ | Состоя- ние | σ_B | δ_{10} | НВ |
|---------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------|-------------|
| | | | | кгс/мм ² | % | |
| БрОФ6,5-0,15 БрОФ7-0,2 | Прутки диа- метром (мм): | ГОСТ 10025—62 | Тяну- тые | 42 | 15 | — |
| | | | | 45 | 15 | 130— 200 |
| БрОФ6,5-0,15 БрОФ7-0,2 | Прутки диа- метром (мм): | | Прес- сован- ные | 37 | 55 | 70 |
| | | | | 35 | 55 | — |

* Срок действия до 1974 года.

Примечание. Полосы твердые и особо твердые толщиной 0,15—0,2 мм с глубиной лунки при выдавливании 4—5,5 мм выпускаются по ТУ 48-08-274-70; лента с величиной зерна 0,025—0,05 мм — по ТУ 48-21-266-73.

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Марка | Вид полу- фабри- ката | Состоя- ние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | $\sigma_{0,005}$ при изгибе | HV | σ_{-1} * |
|--------------|-----------------------------|------------------|---------------------|----------------|------------|------------|-----------------------------------|-----|-----------------|
| | | | кгс/мм ² | | | % | кгс/мм ² | | |
| БрОФ6,5-0,15 | Поло- сы и лен- та | Мяг- кие | 11000 | 15 | 35 | 65 | 13 | 70 | 16 |
| | | Твер- дые | — | 54 | 63 | 12 | 34 | 170 | 20 |
| | | Особо твердые | — | 68 | 75 | 3 | 43 | 220 | 22 |
| БрОФ7-0,2 | Поло- сы и лен- та | Мяг- кие | 11200 | 15 | 42 | 65 | — | 95 | 17 |
| | | Твер- дые | — | 56 | 65 | 11 | — | 196 | 20 |
| | | Особо твердые | — | 76 | 80 | 2,5 | — | 225 | 21 |

* Для круглых образцов на базе $1 \cdot 10^8$ циклов.

Релаксационная стойкость бронзы БрОФ6,5-0,15

| Состояние | Температура испытания °C | $\sigma_{нач}$ кгс/мм ² | Остаточное напряжение (σ_R) (кгс/мм ²) за время | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---|---------|----------|-----------|-----------|
| | | | 100 час | 300 час | 1000 час | 10000 час | 50000 час |
| Деформированное на 55% | 20 | 27,5 | 27,5 | — | 27 | 26,5 | 25,5 |
| | 100 | 40 | — | 31 | — | — | — |
| | 150 | 40 | — | 21 | — | — | — |
| | 200 | 40 | — | 8 | — | — | — |
| Деформированное на 55% и отпущенное | 20 | 38 | 38 | — | 35,5 | 35 | 34 |
| | 100 | 40 | — | 38 | — | — | — |

Физические свойства

| Свойства | БрОФ6,5-0,15 | БрОФ7-0,2 |
|--|--------------|-----------|
| Плотность, кг/м ³ | 8850 | 8800 |
| Коэффициент термического линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$ 1/град (20—300°) | 17,8 | 18,2 |
| Коэффициент теплопроводности λ вт/м·град | 71,0 | 62,8 |
| Удельное электросопротивление $\rho \cdot 10^6$ ом·см | 9,5 | 13,0 |
| Удельная теплоемкость c кдж/кг·град | 0,377 | 0,377 |

Коррозионная стойкость

Бронзы обладают хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и в морской воде. Скорость коррозии в морской воде 0,041 мм/год.

Технологические данные

Бронзы хорошо обрабатываются давлением. Рекомендуемая температура горячей обработки 750—800, отжига — 600—650, низкотемпературного отжига — 250—280°С.

Хорошо свариваются и паяются. Легко обрабатываются резанием.

Применение

Бронза БрОФ6,5-0,15 применяется для пружинных контактов, мембран, а также для получаемых методом точного литья мелких деталей приборов.

Из бронзы БрОФ7-0,2 изготавливают детали, работающие на трение при средних нагрузках и скоростях скольжения, шайбы антифрикционного назначения, подшипники.

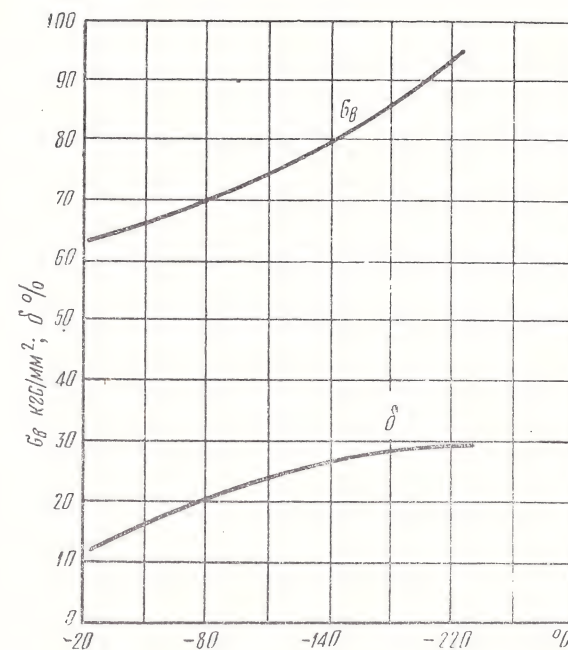


Рис. 1. Механические свойства твердых листов из бронзы БрОФ6,5-0,15 при низких температурах.

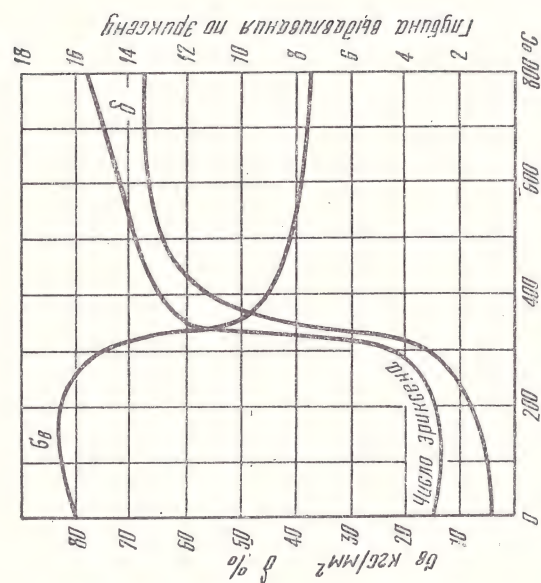


Рис. 3. Зависимость механических свойств ленты из бронзы БрОФ6,5-0,15 от температуры отжига.

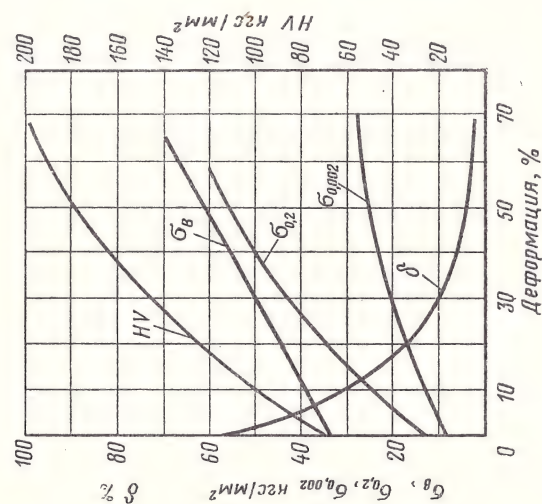


Рис. 2. Зависимость механических свойств ленты из бронзы БрОФ6,5-0,15 при комнатной температуре от степени деформации.

БРОНЗА ОЛОВЯННОСВИНЦОВОЦИНКОВАЯ

БрОЦС4-4-2,5

Химический состав в %

| Sn | Zn | Pb * | Cu | Fe | Sb | Bi | Al | P | Сумма примесей |
|----------|---------|---------|-------------|------|-------|-------|-------|------|----------------|
| не более | | | | | | | | | |
| 3,0—5,0 | 3,0—5,0 | 1,5—3,5 | Осно- ва | 0,05 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,03 | 0,2** |

* Бронза может содержать 3,5—4,5% Pb, в этом случае ее марка будет БрОЦ4-4-4.

** Примеси серы и магния допускаются в количестве не более 0,002% каждого элемента.

Механические свойства по ГОСТ или ТУ (не менее)

| Марка сплава | Вид полу- фабриката | ГОСТ или ТУ | Состоя- ние | σ_B кгс/мм ² | δ % | НВ кгс/мм ² |
|--------------|----------------------------------|---------------------|------------------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|
| БрОЦС4-4-2,5 | Лента и полосы | ГОСТ 15885—70 | Мяг- кие | 30 | 35 | — |
| | | | Полу- твердые | 40—50 | 10 | — |
| | | | Твердые | 55 | 5 | — |
| БрОЦС4-4-4 | Полосы толщи- ной 0,9—1,95 мм | ТУ 48-21- 210-72 | Полу- твердые | 40 | 10 | 65—85 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | E | $\sigma_{пц}$ | $\sigma_{0,5}$ | σ_B | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² |
|------------------------|-------------|---------------------|---------------|----------------|------------|--------------------|---------------------------|
| | | кгс/мм ² | | | | | |
| Полосы | Мягкие | — | 8 | 13,5 | 32 | 45 | 60 |
| | Полутвердые | — | — | 28 | 45 | 20 | 120 |
| | Твердые | 8000 | — | — | 60 | 6 | 170 |

Физические свойства

Плотность 8800 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—300 |
|----------------------------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 18 | 19 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 20 |
|---------------------|------|
| λ Вт/м·град | 83,7 |

Удельное электросопротивление

 $\rho \cdot 10^6 = 9,0$ ом·см.

Удельная теплоемкость

 $c = 0,377$ кДж/кг·град.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и пресной воде.

Технологические данные

Бронза обрабатывается давлением только в холодном состоянии с деформацией до 30%. Отжиг проводится при 500—600°C. Температура литья 1100—1200°C. Хорошо обрабатывается резанием и паяется.

Применение

Свертные втулки, диски, прокладки.

БРОНЗА АЛЮМИНИЕВОЖЕЛЕЗНАЯ

БрАЖ9-4 и БрАЖ9-4Л

Химический состав в %

| Марка | Al | Fe | Cu | As | Sb | Sn |
|----------|----------|---------|--------|------|-------|-----|
| | не более | | | | | |
| БрАЖ9-4 | 8,0—10,0 | 2,0—4,0 | Основа | 0,01 | 0,002 | 0,1 |
| БрАЖ9-4Л | 8,0—10,0 | 2,0—4,0 | Основа | 0,05 | 0,05 | 0,2 |

Продолжение

| Марка | Si | Ni | Pb | P | Zn | Mn | Сумма примесей |
|----------|----------|-----|------|------|-----|-----|-------------------|
| | не более | | | | | | |
| БрАЖ9-4 | 0,1 | 0,5 | 0,01 | 0,01 | 1,0 | 0,5 | 1,7 |
| БрАЖ9-4Л | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 1,0 | 0,5 | 2,7 |

Механические свойства по ГОСТ или ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ГОСТ или ОСТ | Состояние | σ_b кгс/мм² | δ_{10} % | НВ кгс/мм² |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----------------------|--------------------|---------------|
| Прутки диамет- ром (в мм): | ГОСТ 1628—72 | Прессо- ванные | | | |
| 16—120 | | | 55 | 15 | 110—180 |
| 130—160 | | | 50 | 12 | 110—180 |
| Отливки (точ- ное литье) | ОСТ1 90046—72 | Литые | 40 | 10 ($l=5d$) | 100 |
| Отливки | ГОСТ 493—54 | Литые | | | |
| в землю | | | 40 | 10 | 100 |
| в кокиль | | | 50 | 12 | 100 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ |
|------------------------|---------------------------------------|---------------------|----------------|------------|---------------|--------|
| | | кгс/мм ² | | | % | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | — | 20 | 50 | 15 | 30 |
| Прутки | Прессованные | 11600 | 30 | 60 | 20 | — |
| Листы | Мягкие | 11200 | 30 | 60 | 25 | — |
| | Твердые (деформиро- ванные на 40%) | — | 60 | 85 | 10 | — |
| | Твердые (деформиро- ванные на 70%) | — | — | 95 | 3 | — |

Продолжение

| Вид полу- фабриката | Состояние | $\sigma_{в сж}$ | $\tau_{ср}$ | HB | a_H кгс·м/см ² | σ_{-1}^* кгс/мм ² |
|------------------------|---------------------------------------|---------------------|-------------|------|--------------------------------|--|
| | | кгс/мм ² | | | кгс·м/см ² | кгс/мм ² |
| Отливки (в кокиль) | Литые | 100 | 35 | 125 | 6 | — |
| Прутки | Прессованные | 115 | 38 | 140 | — | 21 |
| Листы | Мягкие | — | — | 140 | — | — |
| | Твердые (деформиро- ванные на 40%) | — | — | 220 | — | — |
| | Твердые (деформиро- ванные на 70%) | — | — | 240 | — | — |

* На базе $5 \cdot 10^7$ циклов.

Физические свойства

Плотность 7450 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—300 |
|----------------------------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 18 | 19 |

Коэффициент теплопроводности

 $\lambda = 78,0$ Вт/м·град.

Удельное электросопротивление

 $\rho \cdot 10^6 = 16,3$ ом·см.

Антифрикционные свойства

Коэффициент трения

со смазкой маслом МС 0,012;
без смазки 0,18.

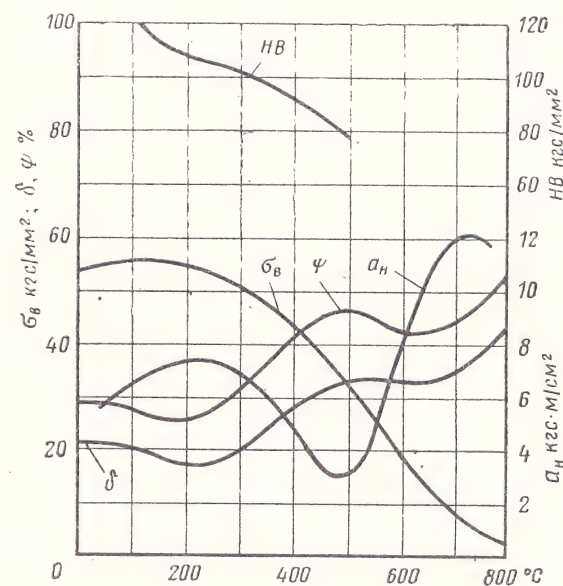
Коррозионная стойкость

Бронза обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных услови-
ях и морской воде.

Технологические данные

Бронза применяется в литом и деформированном состояниях. Рекоменду-
емая температура литья в кокиль 1120—1240, фасонного — 1060—1100°C. Линей-
ная усадка 2,5%; жидкотекучесть — длина спирали 85 см. Хорошо обрабаты-
вается давлением (прессование, ковка в горячем состоянии). Температура горя-
чей обработки 750—850, отжига — 700—750°C.Бронза удовлетворительно сваривается и обрабатывается резанием; паяется
с трудом.

Применение

Шестерни, фланцы, шайбы, упорные кольца, опорные пяты, ниппели, диски,
гайки, секторы управления, кронштейны, коронки стабилизаторов, литая арма-
тура и фасонные детали.Рис. 1. Механические свойства бронзы
БрАЖ9-4 при высоких температурах.

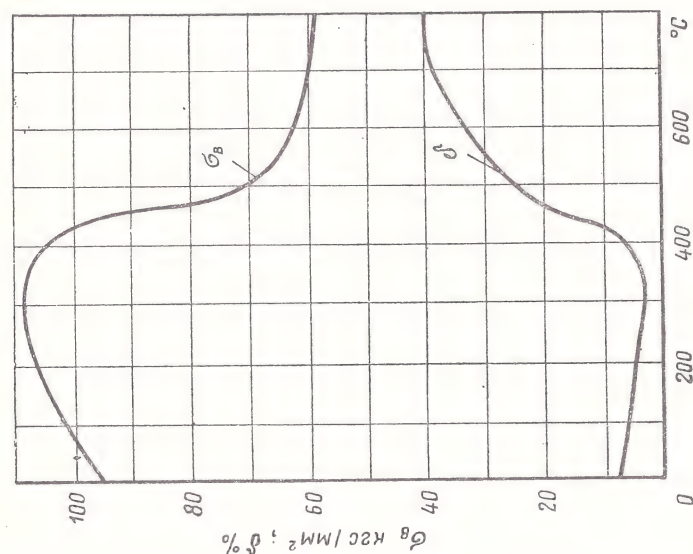


Рис. 3. Зависимость механических свойств по-
лосы толщиной 3 мм из бронзы БрАЖN9-4, де-
формированной на 40%, от температуры от-
жига.

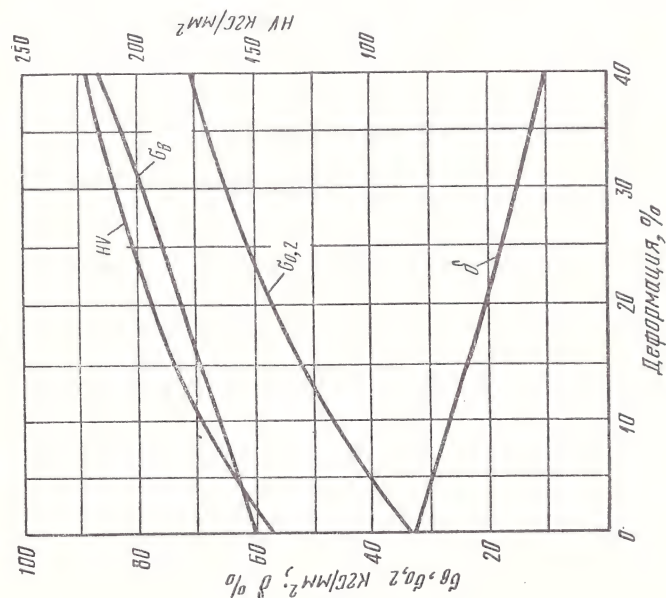


Рис. 2. Зависимость механических свойств отожжен-
ной полосы из бронзы БрАЖN9-4 от степени дефор-
мации.

БРОНЗА АЛЮМИНИЕВОЖЕЛЕЗОНИКЕЛЕВАЯ

БрАЖN10-4-4 и
БрАЖN10-4-4Л

Химический состав в %

| Марка | Al | Fe | Ni | Cu |
|---------------|----------|---------|---------|--------|
| БрАЖN10-4-4 * | 9,5—11,0 | 3,5—5,5 | 3,5—5,5 | Основа |
| БрАЖN10-4-4Л | 9,5—11,0 | 3,5—5,5 | 3,5—5,5 | Основа |

Продолжение

| Марка | As | Sb | Sn | Si | Pb | P | Zn | Mn | Сумма примесей |
|---------------|----------|-------|-----|-----|------|------|-----|-----|-------------------|
| | не более | | | | | | | | |
| БрАЖН10-4-4 * | 0,01 | 0,002 | 0,1 | 0,1 | 0,02 | 0,01 | 0,3 | 0,3 | 0,8 |
| БрАЖН10-4-4Л | 0,05 | 0,05 | 0,2 | 0,2 | 0,05 | 0,1 | 0,5 | 0,5 | 1,5 |

* В бронзе, обрабатываемой давлением, допускается содержание алюминия до 11,5%; при этом содержание железа и никеля должно быть не менее 4% каждого.

Механические свойства по ГОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ГОСТ | Состояние | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² |
|---------------------------------|--------------|-------------------|--|--------------------|---------------------------|
| Отливки (в ко- киль) | ГОСТ 493—54 | Литые | 60 | 5 | 170 |
| Прутки диамет- ром 20—160 мм | ГОСТ 1628—72 | Прессо- ванные | 65 | 5 | 170—220 |
| Трубы | ГОСТ 1208—73 | — | 65 | 5 | 170—220 |

Примечание. Прутки с содержанием 10—11% Al выпускаются по
ТУ 48-08-326-70.

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабри- ката | Состояние | <i>E</i> | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | $\tau_{ср}$ | <i>HV</i> | <i>a_n</i> кгс · м/см ² | σ_{-1}^* кгс/мм ² |
|------------------------------|--|---------------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------|-----------|---|--|
| | | кгс/мм ² | | | % | | кгс/мм ² | | | |
| Отлив- ки (в ко- киль) | Литые | 11500 | 28 | 65 | 8 | 12 | 45 | 180 | 2 | 22 |
| | Термически обработанные | 12500 | 35 | 70 | 6 | — | — | 200 | — | — |
| Прутки | Прессован- ные | — | 35 | 70 | 10 | 15 | — | 180 | — | 25 |
| | Прессован- ные, закален- ные и отпу- щенные, 350°C, 1,5 час ** | 12500 | — | 85 | — | — | — | 280 | — | — |
| | То же, от- пущенные, 650°C, 1,5 час | — | — | 75 | 6 | — | — | 200 | — | — |

* На базе $5 \cdot 10^7$ циклов.

** Закалка с 900°C в воде.

Механические свойства при высоких температурах

| Вид полу- фабриката | Состоя- ние | Темпе- ратура испыта- ния °C | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | <i>HV</i> кгс/мм ² | <i>a_n</i> кгс · м/см ² |
|------------------------|----------------|--|---------------------|------------|---------------|--------|----------------------------------|---|
| | | | кгс/мм ² | | % | | | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | 100 | 27 | 65 | 10 | 12 | 180 | 4 |
| | | 200 | 25 | 65 | 10 | 15 | 180 | 4 |
| | | 300 | 23 | 50 | 10 | 17 | 170 | 4 |
| | | 500 | 21 | 30 | 8 | 19 | 75 | 1,5 |

Длительная прочность и ползучесть при различных температурах
(для прессованных прутков), $\sigma_B = 80$ кгс/мм²; $\sigma_{0,2} = 55$ кгс/мм²

| Темпе- ратура испыта- ния °C | σ_B | $\sigma_{0,05/100}$ | $\sigma_{0,1/100}$ | $\sigma_{0,2/100}$ | $\sigma_{0,5/100}$ | $\sigma_{1/100}$ | $\sigma_{0,05/500}$ | $\sigma_{0,1/500}$ | $\sigma_{0,2/500}$ | $\sigma_{0,5/500}$ | $\sigma_{1/500}$ | $\sigma_{0,05/1000}$ | $\sigma_{0,1/1000}$ | $\sigma_{0,2/1000}$ | $\sigma_{0,5/1000}$ | $\sigma_{1/1000}$ |
|--|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| | кгс/мм ² | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | 50 | 18 | 23 | 28 | 35 | 44 | 11,5 | 13 | 18 | 27 | 37 | 10,5 | 12 | 15,5 | 22 | 33 |
| 300 | 35 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 7 | 8 | — | — |

Физические свойства

Плотность 7700 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—400 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 19,1 |

Коэффициент теплопроводности

 $\lambda = 42$ Вт/м·град.

Удельное электросопротивление

 $\rho \cdot 10^6 = 20$ ом·см.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях, в пресной и морской воде.

Технологические данные

Бронза применяется в литом и деформированном состояниях.

Температура литья 1120—1200°C; линейная усадка 2,0%. Обработка давлением производится при 875—900°C. Термическая обработка: закалка с 900°C (нагрев 2 час) в воде; отпуск при 400°C — 1,5 час, а для получения высокой ударной вязкости — при 650°C — 2 час.

Применение

Детали, работающие при высоких температурах: шестерни, втулки, гайки, шаровые пяты и фланцы.

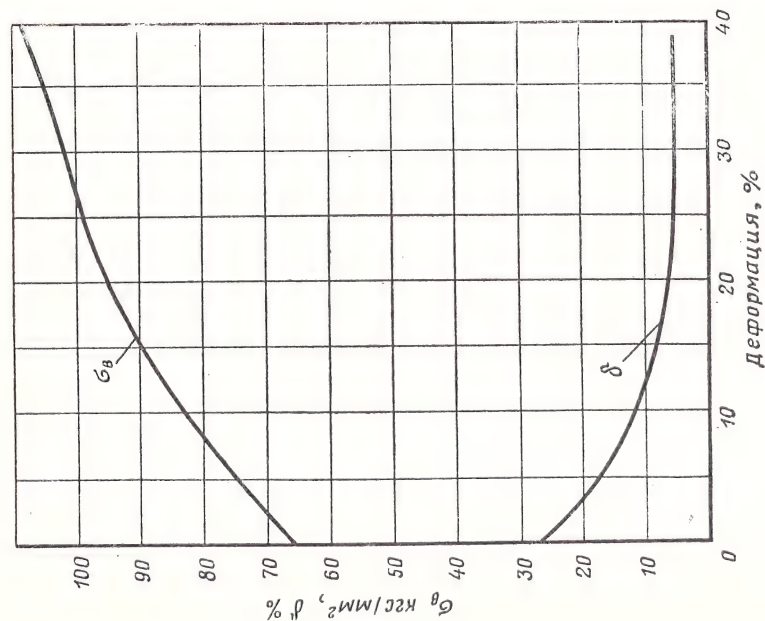


Рис. 1. Зависимость механических свойств полос толщиной 3 мм из бронзы БрАЖН10-4-4, отожженной при 800°C в течение 1 час, от степени деформации.

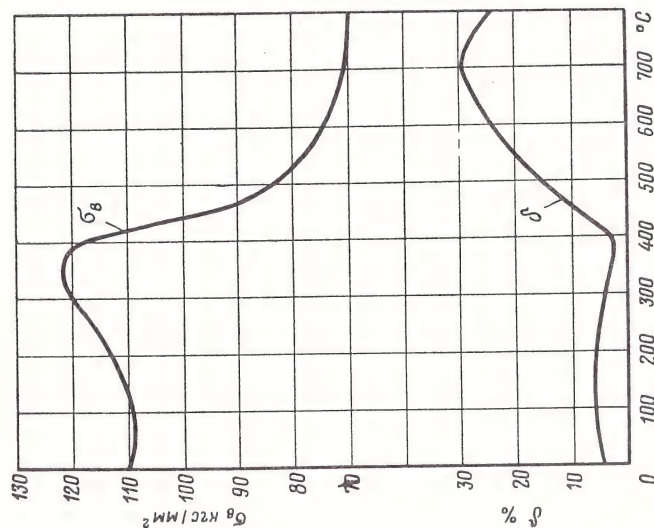


Рис. 2. Зависимость механических свойств полос из бронзы БрАЖН10-4-4 толщиной 3 мм, деформированной на 40%, от температуры отжига в течение 1 час.

БРОНЗА АЛЮМИНИЕВОЖЕЛЕЗОМАНГАНЦОВИСТАЯ

БрАЖМц10-3-1,5

Химический состав * в %

| Al | Fe | Mn | Cu | As | Sb | Sn | Si | Ni | Pb | P | Zn | Сумма примесей |
|----------|---------|---------|-------------|------|-------|-----|-----|-----|------|------|-----|----------------|
| не более | | | | | | | | | | | | |
| 9,0—11,0 | 2,0—4,0 | 1,0—2,0 | Осно- ва | 0,01 | 0,002 | 0,1 | 0,1 | 0,5 | 0,03 | 0,01 | 0,5 | 0,75 |

* Допускается содержание цинка в количестве до 1% в тех случаях, когда сплав не применяется как антифрикционный, общая сумма примесей при этом не должна превышать 1,25%; при использовании бронзы для фасонного литья допускается содержание свинца в количестве до 0,3%; общая сумма примесей при этом может достигать 1,0%.

Механические свойства по ГОСТ, ТУ или ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ГОСТ, ТУ или ОСТ | Состояние | σ_b кгс/мм ² | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² |
|---------------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Прутки диамет- ром 16—160 мм | ГОСТ 1628—72 | Прессо- ванные | 60 | 12 | 130—200 |
| Прутки | ЦМТУ 08-23-67 | Прессо- ванные | 55 | 15 | 129—165 |
| Трубы | ГОСТ 1208—73 | Тянутые | 60 | 12 | 140—200 |
| Отливки (точ- ное литье) | ОСТ 1 90046—72 | Литые | 45 | 10 ($l=5d$) | 110 |
| Отливки (в ко- кль) | ГОСТ 493—54 | То же | 50 | 20 | 120 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | τ_{cp} | HB | α_H кгс·м/см ² |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------|------|-------------------------------------|
| | | кгс/мм ² | | | % | | кгс/мм ² | | |
| Отливки (литье в ко- киль) | Литые | 10500 | 22 | 55 | 20 | 25 | 38 | 135 | 7 |
| Прутки | Прессо- ванные | 10500 | 35 | 65 | 15 | — | — | 160 | — |
| | Закален- ные | — | — | 80 | 2,5 | — | — | 225 | — |
| | Закален- ные и от- пущенные | — | — | 83 | 3,5 | — | — | 285 | — |

Физические свойства

Плотность 7500 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—400 |
|----------------------------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 16 | 20 |

Коэффициент теплопроводности

 $\lambda = 58,6$ Вт/м·град.

Удельное электросопротивление

 $\rho \cdot 10^6 = 19,0$ ом·см.

Антифрикционные свойства

Коэффициент трения

со смазкой маслом МС 0,01;

без смазки 0,2.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях, в пресной и морской воде.

Технологические данные

Бронза применяется в литом и деформированном состояниях. Рекомендуемая температура литья 1120—1150°C. Линейная усадка 2,4%; жидкотекучесть: длина спирали 70 см. Хорошо обрабатывается давлением в горячем состоянии; температура горячей обработки 775—825, закалки—850—880 и отпуска—300—350°C.

Бронза удовлетворительно сваривается и обрабатывается резанием; паяется с трудом.

Применение

Коромысла, втулки, маховики, диски, ободы и гайки крепления подшипников, направляющие траверс, ниппели, шестерни.

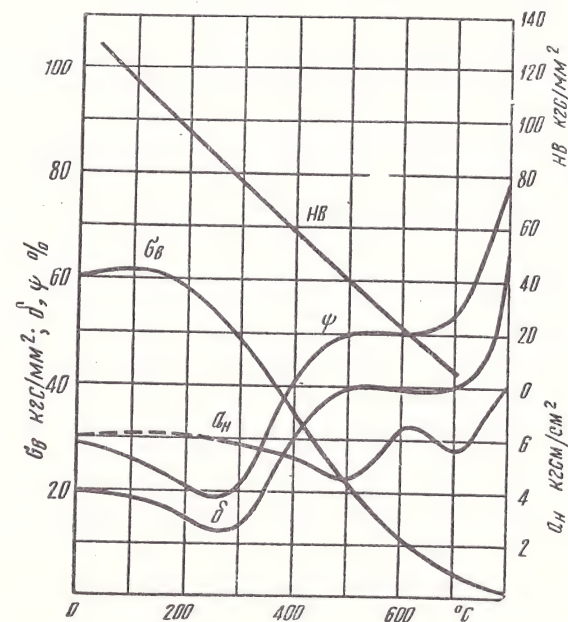


Рис. 1. Механические свойства бронзы БрАЖМц10-3-1,5 при высоких температурах.

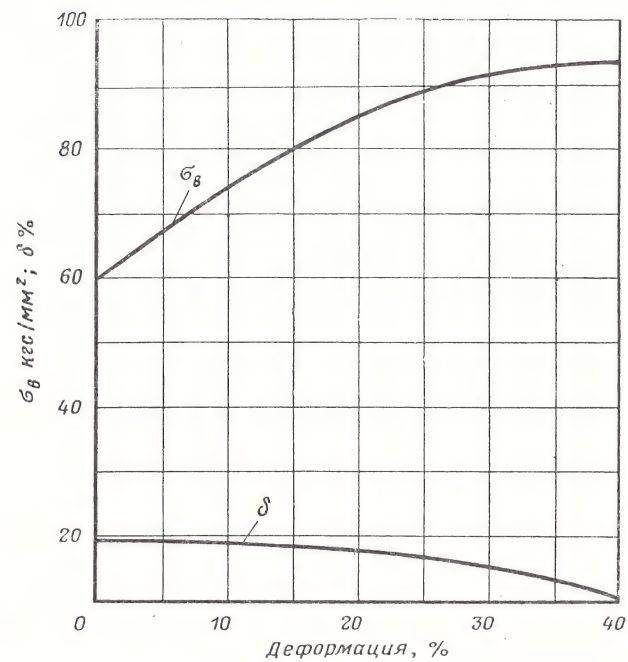


Рис. 2. Зависимость механических свойств горячекатаной полосы толщиной 3 мм из бронзы БрАЖМц10-3-1,5 от степени деформации.

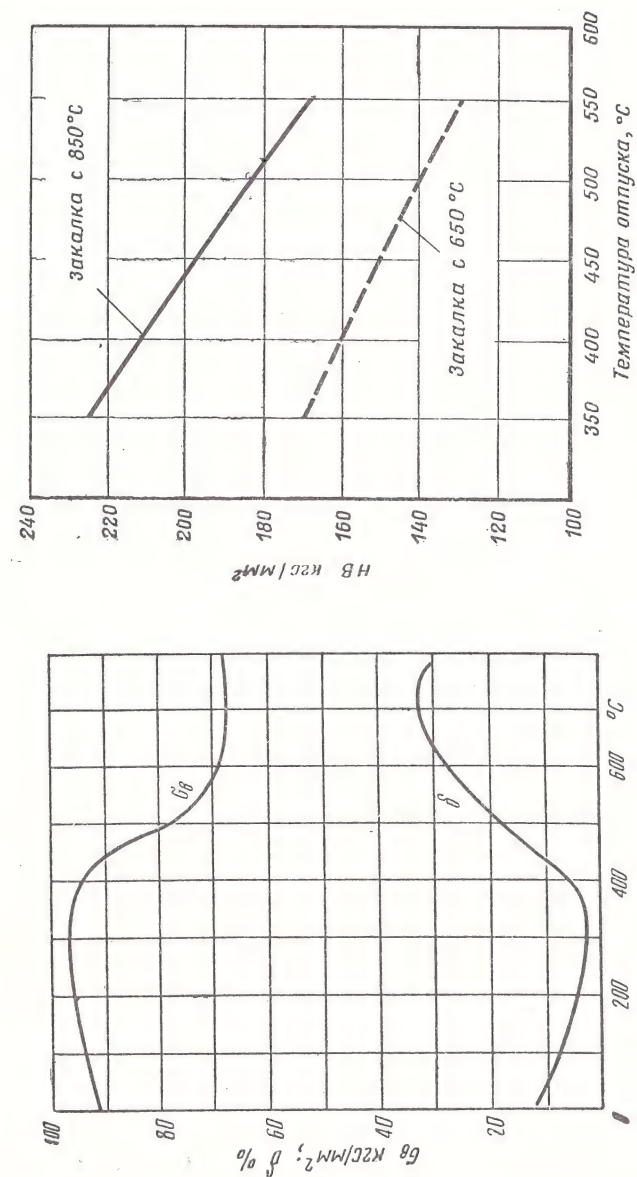


Рис. 4. Зависимость твердости закаленной бронзы БрАЖМц10-3-1,5 от температуры отпуска.

Рис. 3. Зависимость механических свойств полосы из бронзы БрАЖМц10-3-1,5 толщиной 3 мм, деформированной на 40%, от температуры отжига

ЖАРОПРОЧНЫЕ МЕДНЫЕ СПЛАВЫ

Жаропрочные бронзы БрКН1-3, МНА13-3, БрХ0,5 и ВБр1 представляют собой сплавы меди с элементами, увеличивающими ее прочность при высоких температурах благодаря повышению температуры плавления (действие никеля, неограниченно растворимого в меди) или образованию высокодисперсной смеси фаз в результате закалки и отпуска. В этом случае выпадающие тугоплавкие фазы (металлы или интерметаллидные соединения) затрудняют течение сплава под действием нагрузки при высокой температуре, блокируя границы зерен. Таково действие хрома, железа, кобальта, плохо растворимых в твердом растворе, а также целого ряда интерметаллидных соединений (Cr_2Zr , Ni_3Al , CoBe , NiBe , Ni_2Si и др.), образующих с медью псевдобинарные сплавы.

К числу жаропрочных бронз относятся дисперсионно-твердеющие сплавы меди с никелем и алюминием — куниали, содержащие до 13% Ni и обладающие высокой прочностью и стойкостью в коррозионно-активных средах, кремнистоникелевая бронза БрКН1-3, упрочняющаяся за счет образования силицидов никеля, а также алюминиевая бронза БрАЖН10-4-4 с 4% Ni и 4% Fe, широко используемая в качестве конструкционного материала (см. стр. 81 настоящего справочника).

Особую группу составляют сплавы, обладающие наряду с высокой жаропрочностью и повышенной температурой рекристаллизации высокой тепло- и электропроводностью. К их числу относятся бронзы хромистая, циркониевая и кобальтоникелевая (ВБр1).

Так, теплопроводность бронзы БрХ0,5 при 500°C составляет 90%, а более жаропрочной бронзы ВБр1 — 80% от теплопроводности чистой меди, в то время как теплопроводность бронз, содержащих значительное количество никеля, алюминия и кремния, — не более 25%.

Твердость указанных сплавов в горячем состоянии мало меняется в зависимости от продолжительности выдержки под нагрузкой (рис. 1). Наибольшей твердостью обладают сплавы типа куниаль (МНА13-3).

Из числа жаропрочных и высокотеплопроводных сплавов наибольшей прочностью обладает бронза ВБр1 (рис. 2).

Сочетание жаропрочности с высокой тепло- и электропроводностью обеспечивается минимальным содержанием компонентов в твердом растворе меди. Эти сплавы содержат весьма малое количество легирующих элементов, в сумме не превышающих 1%. Из сплавов данной группы наибольший интерес представляет бронза циркониевая, обладающая более высокой жаропрочностью и значительно большей крипоустойчивостью, чем бронза хромистая (рис. 3). Эта бронза не имеет падения пластичности при повышен-

ных температурах, характеризуется более мелким кристаллическим строением и менее склонна к росту зерна при высоких температурах.

Указанные сплавы применяются для электродов сварочных машин, для изготовления коллекторов специальных электромоторов, а также теплоотводящих и других деталей, работающих при высоких температурах.

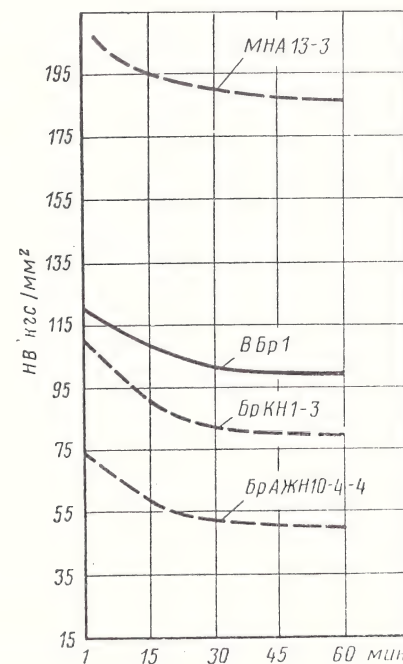


Рис. 1. Зависимость твердости сплавов от продолжительности выдержки под нагрузкой при 450°C.

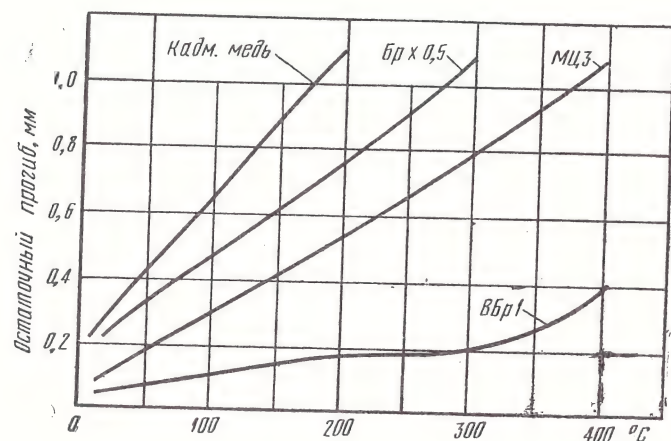


Рис. 2. Деформация сплавов при выдержке под нагрузкой при высоких температурах:
 $l=1,5$ мм; $\sigma=30$ кгс/мм², $t=15$ час.

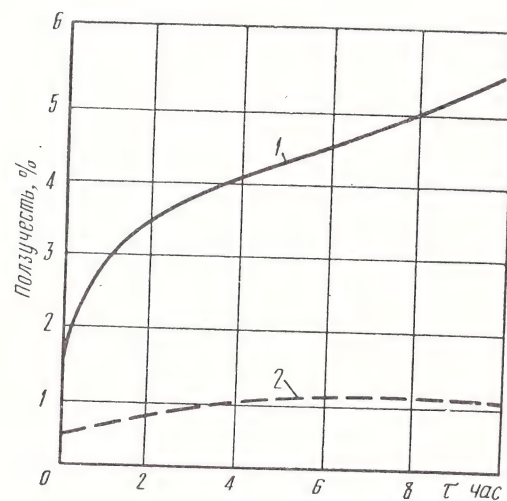


Рис. 3. Ползучесть бронз при 250°C и $\sigma=23,6$ кгс/мм²:
 1 — хромистая бронза; 2 — циркониевая бронза.

БРОНЗА КРЕМНИСТОНИКЕЛЕВАЯ

БрКН1-3

Химический состав в %

| Si | Ni | Mn | Cu | Fe | Pb | Sn | Zn | P | Al | Сумма примесей |
|----------|---------|---------|--------|-----|------|-----|-----|------|------|----------------|
| не более | | | | | | | | | | |
| 0,6—1,1 | 2,4—3,4 | 0,1—0,4 | Основа | 0,1 | 0,15 | 0,1 | 0,1 | 0,01 | 0,02 | 0,4 |

Механические свойства по ГОСТ (не менее)

| Вид полуфабриката | ГОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % |
|-------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|--------------------|
| Прутки | ГОСТ 1628—72 | Прессованные | 50 | 10 |

Примечание. Профили прессованные выпускаются по ЦМТУ 08-171-69.

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | HB | a_n | σ_{-1}^* |
|-------------------|------------------------|---------------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | | кгс/мм ² | | | % | | кгс/мм ² | кгс-м/см ² | кгс/мм ² |
| Прутки и ленты | Горячекатаные | 14000 | — | 42 | 27 | — | 115 | — | — |
| | Деформированные на 40% | — | 52 | 58 | 8 | 28 | 155 | 8 | 23 |
| | Деформированные на 80% | — | — | 68 | 5 | — | 175 | — | — |
| Прутки | Закаленные | — | 15 | 35 | 30 | 70 | 80 | — | — |
| | После старения | — | 55 | 75 | 7 | 11 | 200 | — | 29 |

* На базе $1 \cdot 10^7$ циклов.

Физические свойства

Плотность 8600 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—200 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 18 |

Коэффициент теплопроводности

 $\lambda = 105$ Вт/м·град.

Удельное электросопротивление

 $\rho \cdot 10^6 = 4,6$ Ом·см.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью на воздухе, в пресной и морской воде.

Технологические данные

Температура горячей обработки давлением 800—900, нагрева под закалку 850—875, старения 450—475°C в течение 2—3 час, литья 1170—1200°C. Бронза хорошо обрабатывается резанием.

Применение

Детали, работающие при повышенных температурах (в том числе в узлах трения при небольших удельных давлениях).

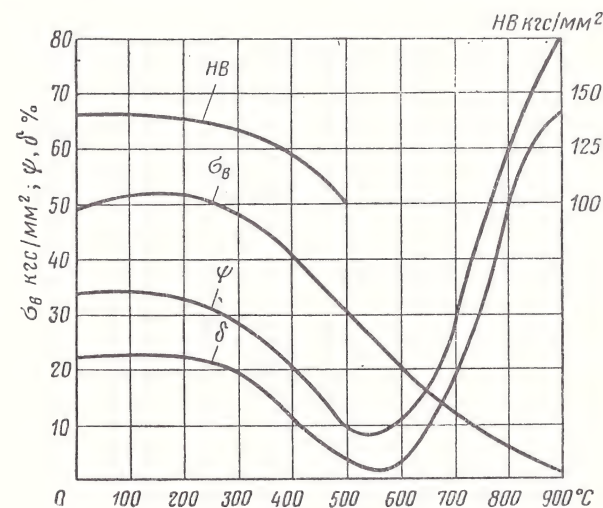


Рис. 1. Механические свойства бронзы БрКН1-3 при высоких температурах.

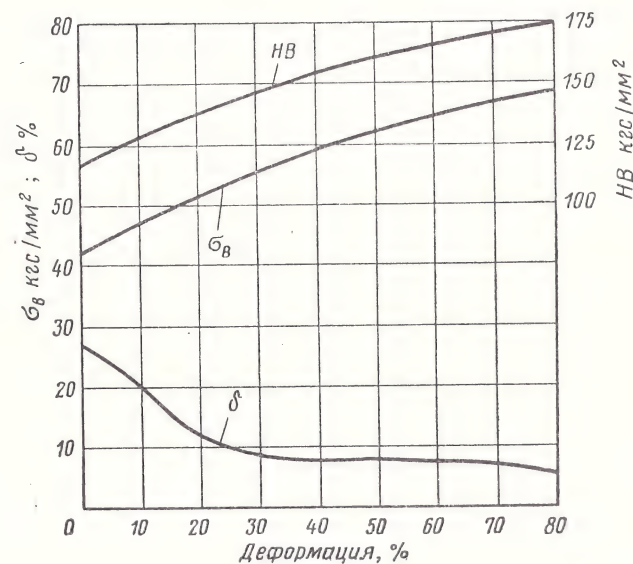


Рис. 2. Зависимость механических свойств горячекатаной полосы из бронзы БрКН1-3 от степени деформации.

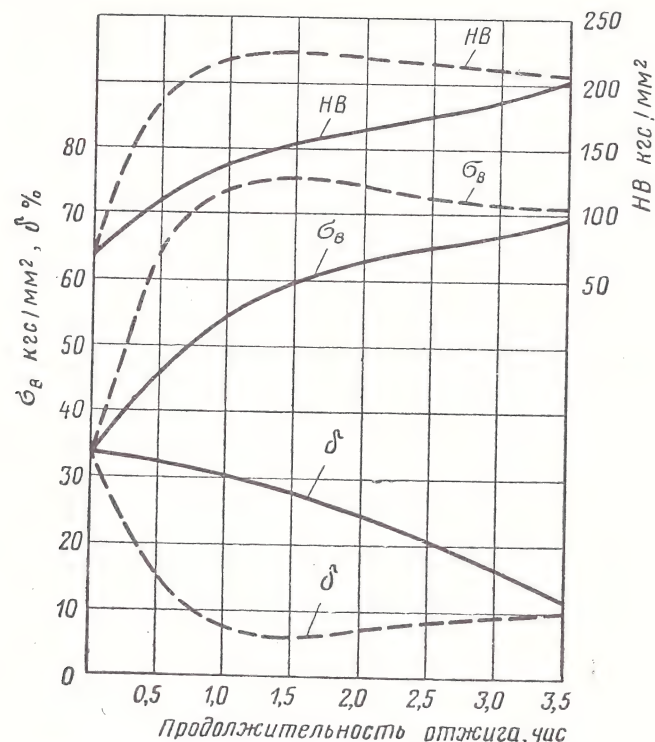


Рис. 3. Зависимость механических свойств прессованного прутка из бронзы БрКН1-3, закаленного с 860°C в воде, от продолжительности отжига при температурах: — 450°C; — 500°C.

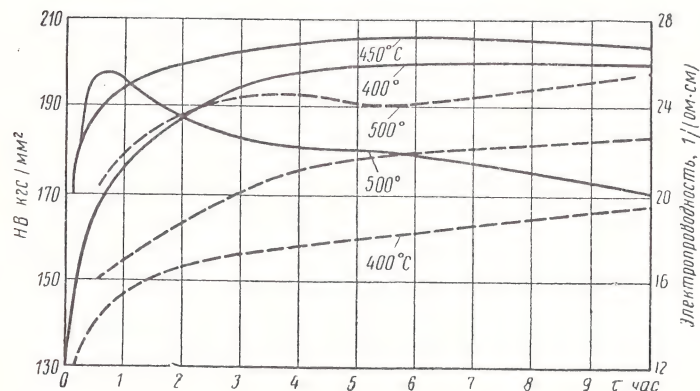


Рис. 4. Зависимость твердости (—) и электропроводности (---) бронзы БрКН1-3 от времени выдержки при различных температурах.

| БРОНЗА ХРОМИСТАЯ | | | | | | БрХ0,5 (БрХ0,8) | | |
|--|--------|----------|-------|-------|-------|-----------------|-------|------------------------|
| Химический состав в % (по ТУ 48-08-287-70) * | | | | | | | | |
| Cr | Cu ** | Fe | Pb | Zn | Mg | Si | P | Неопределяемые примеси |
| | | не более | | | | | | |
| 0,4—0,7 | Основа | 0,06 | 0,005 | 0,015 | 0,002 | 0,05 | 0,005 | 0,2 |

* Для бронзы открытой выплавки (химический состав вакуумной плавки (в %): 0,5—0,7 Cr; остальное — медь; примеси: 0,015 Fe, 0,003 Pb, 0,001 Zn, 0,01 Si, 0,01 Ni, неопределяемые — 0,02).

** Применяется медь марки не ниже М1.

Механические свойства по ТУ (не менее)

| Вид полуфабриката | ТУ | Состояние | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | δ_5 % | HB кгс/мм ² |
|--------------------------|-----------------|-------------------|--|-----------------|---------------------------|
| Листы (открытой плавки) | ТУ 48-08-287-70 | Горячекатаные | 23—35 | 25 | — |
| | | Холоднокатаные | 23—35 | 25 | — |
| Листы (вакуумной плавки) | | Горячекатаные | 22—32 | 25 | — |
| | | Холоднокатаные | 22—32 | 30 | — |
| Полосы | ТУ 48-21-70-72 | Твердые | — | — | 110 |
| Плиты | ТУ 48-08-385-71 | Горячекатаные | — | — | 101 |
| Прутки | ТУ 48-21-163-72 | Тянутые | 30 | — | — |
| | | Прессованные | — | — | 55 |
| | ТУ 48-21-197-72 | Термообработанные | 35 | 12 | — |

Примечание. Профили выпускаются по ТУ 48-08-395-71, полосы с содержанием 0,4—0,9% Cr — по ЦМТУ 08-203-69.

Механические свойства при высоких температурах

| Вид полу- фабриката | Состоя- ние | Темпе- ратура испыта- ния °C | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | | δ_5 % | | $\sigma_{0,08/24}$ | $\sigma_{0,08/300}$ |
|------------------------|--------------------------------------|--|--|--------------|-----------------|--------------|--------------------|---------------------|
| | | | кгс/мм ² | | | | | |
| | | | в среде * | | | | | |
| | | | арго- на | ва- куума | арго- на | ва- куума | аргона | вакуума |
| Прутки | Зака- ленные в воде с 950°C | 600 | 14 | 9,5 | 6,0 | 14,0 | — | — |
| | | 700 | 12 | 6,5 | 8,0 | 10,0 | 0,5 | 0,5 |
| | | 800 | 8 | 6,5 | 14,0 | 15,5 | — | — |

* При вакууме $1 \cdot 10^{-4}$ тор.

Пределы длительной прочности и ползучести

| Вид полу- фабри- ката | Состояние | Температура испытания °C | $\sigma_{0,2/100}$ | $\sigma_{0,5/100}$ | σ_{100} | $\sigma_{0,1/500}$ | $\sigma_{0,2/500}$ | $\sigma_{0,5/500}$ | σ_{500} | $\sigma_{0,1/1000}$ | $\sigma_{0,2/1000}$ | $\sigma_{0,5/1000}$ | σ_{1000} |
|-----------------------------|--|--------------------------------|---------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| | | | кгс/мм ² | | | | | | | | | | |
| Прутки | Закален- ные с 980°C, де- формиро- ванные в холодную и соста- ренные при 470°C | 200 | 22 | 25 | 28 | 16 | 20 | 22 | 25 | 14 | 17 | 20 | 24 |
| | | 300 | — | — | — | — | — | — | — | 12 | 14 | — | 18 |

Модуль упругости при высоких температурах

| Свойства | Температура испытания в °C | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|
| | 20 | 200 | 300 | 500 | 600 | 700 | 800 |
| E , кгс/мм ² | 12800 | — | — | — | — | — | — |
| E_d , кгс/мм ² | 13200 | 12300 | 11900 | 10750 | 9990 | 9530 | 8580 |

Физические свойства

Плотность 8900 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—400 | 20—600 |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 16,2 | 17,9 | 18,9 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 25 | 600 | 800 |
|---------------------|-------|-------|-------|
| λ Вт/м·град | 221,9 | 314,0 | 293,0 |

Удельное электросопротивление

| $\rho \cdot 10^8$ ом·см | Бронза закаленная и отпущенная | Бронза закаленная |
|-------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| | 2,0 | 3,8 |

Удельная теплоемкость

 $c = 0,38$ кДж/кг·град.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и пресной воде. Привес за 24 час в среде воздуха при 400°C — 1,92 мг/см².

Технологические данные

Бронза хорошо обрабатывается давлением в горячем и холодном состояниях. Температура началаковки или прокатки 920°C. Закалка с 950—980°C в воде, отпуск при 400—450°C в течение 4—6 час. Температура литья 1150—1250°C. Бронза удовлетворительно обрабатывается резанием.

Бронза БрХ0,5 сваривается дуговой сваркой неплавящимся электродом в среде гелия или аргона. Для присадки применяется медный сплав 5, легированный небольшим количеством циркония. Хорошо сваривается электронно-лучевой сваркой без присадочного металла с обеспечением вакуумной плотности соединений.

Прочность сварных соединений составляет не ниже 0,9 прочности основного отожженного металла. Сварные соединения пластичные.

Применение электронно-лучевой сварки рекомендуется в конструкциях с интенсивным теплоотводом от места сварки.

Бронза БрХ0,5 сваривается с ниобиевыми и ванадиевыми сплавами. Для сварки с коррозионностойкими аустенитными сталями типа Х18Н10Т рекомен-

дуются применять проставку из сплава ЭИ811, для сварки с титановыми сплавами — проставку из ниобиевых или ванадиевых сплавов.

Прочность сварных соединений бронзы БрХ0,5 с ниобиевыми, ванадиевыми, титановыми сплавами и сталями определяется прочностью медного сплава. Сварные соединения пластичные.

Бронза БрХ0,5 удовлетворительно паяется в среде проточного аргона припоем ПСр72ЛМН. При быстром нагреве (ТВЧ, электроконтактном) бронза удовлетворительно паяется горелкой серебряными припоями с флюсами № 200 и 284 и паяльником оловянно-свинцовистыми припоями с применением активных флюсов.

Применение

Электроды сварочных аппаратов, коллекторы электродвигателей и другие детали, которые должны сочетать высокую теплопроводность и электропроводность с жаропрочностью.

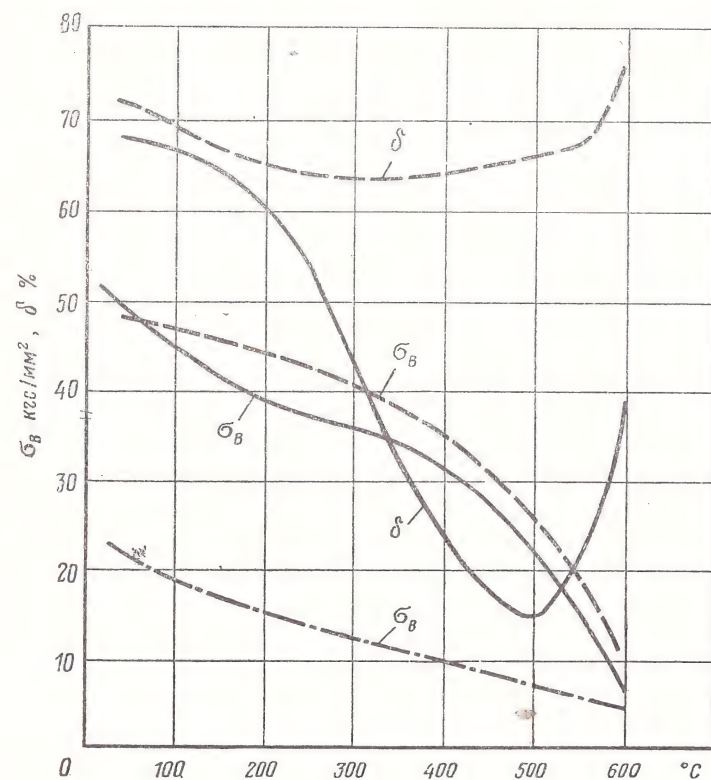


Рис. 1. Изменение механических свойств бронз и чистой меди в зависимости от температуры испытания:

— — — — — циркониевая бронза; — — — — — хромистая бронза; — — — — — чистая медь.

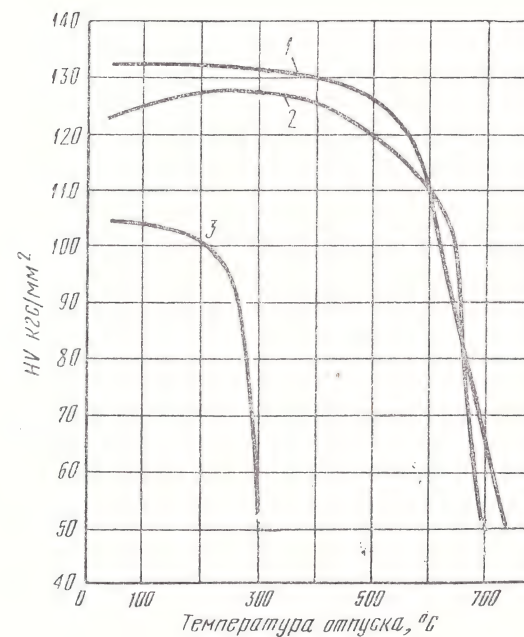


Рис. 2. Влияние температуры отпуска на твердость сплавов:

1 — хромистая бронза; 2 — циркониевая бронза; 3 — медь.

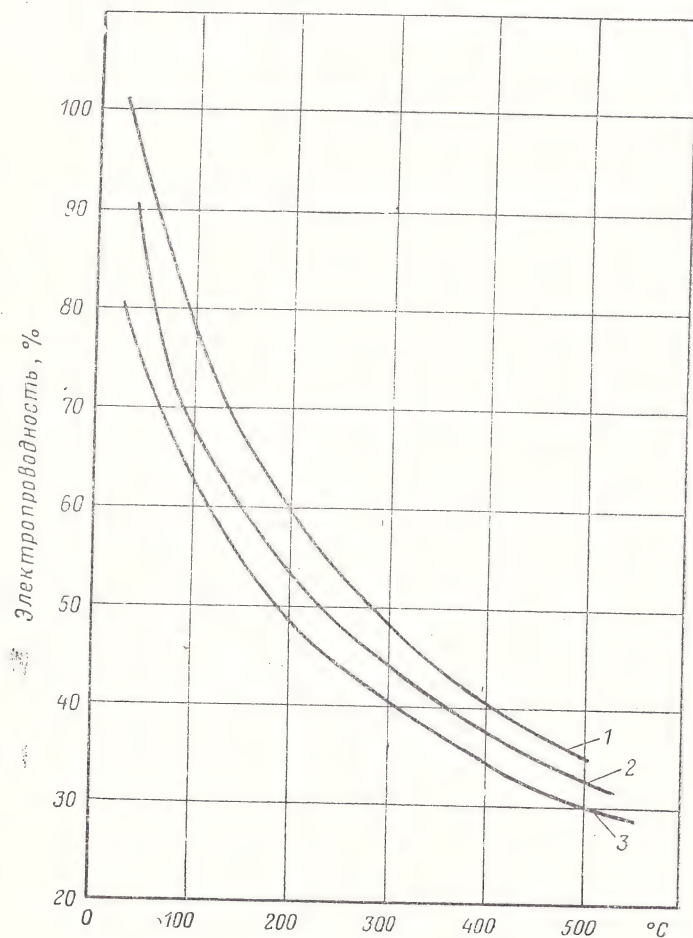


Рис. 3. Зависимость электропроводности различных сплавов от температуры испытания:

1 — медь бескислородная (отожженная); 2 — циркониевая бронза;
3 — хромистая бронза.

БРОНЗА ЦИРКОНИЕВАЯ

БрЦр0,4

Химический состав в % (по ТУ 48-21-222-72)

| Zr | Cu | Fe | Сумма примесей * |
|---------|-----------|----------|------------------|
| | | не более | |
| 0,3—0,5 | Остальное | 0,03 | 0,1 |

* При раскислении бронзы иттрием в количестве 0,1% этот элемент в суммарной примеси не входит.

Механические свойства по ТУ (не менее)

| Вид полуфабриката | ТУ | Состояние | НВ кгс/мм ² |
|---------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------|
| Полосы коллекторные | ТУ 48-21-222-72 | Термически обработанные | 115 |

Примечание. Лента с содержанием циркония 0,1—0,3% выпускается по ТУ 48-21-30-72.

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | $\sigma_{0.2}$ | σ_B | δ_{10} | НВ |
|-------------------|-------------------------|---------------------|------------|---------------|---------------------|
| | | кгс/мм ² | | % | кгс/мм ² |
| Листы, прутки | Закаленные и отпущенные | 35 | 40 | 16 | 115 |

Модуль упругости при различных температурах

| Свойства | Температура в °C | | | |
|------------------------|------------------|-------|-------|-------|
| | 20 | 200 | 300 | 400 |
| E, кгс/мм ² | 13700 | 13000 | 12300 | 11700 |

Физические свойства

Плотность 8900 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—300 | 20—600 |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 16,3 | 17,8 | 19,5 |

Коэффициент теплопроводности

$\lambda = 355$ Вт/м·град.

Удельное электросопротивление при 20°C

$\rho \cdot 10^6 = 1,8$ Ом·см (в закаленном и отпущенном состояниях);

$\rho \cdot 10^6 = 2,8$ Ом·см (в закаленном состоянии).

Коррозионная стойкость

Коррозионная стойкость такая же, как у меди.

Технологические данные

Бронза хорошо обрабатывается давлением в горячем и холодном состояниях. Температура началаковки или прокатки 920°C. Закалка с 950—980°C в воде, отпуск при 400—450°C в течение 4—6 час. Температура литья 1150—1250°C.

Бронза сваривается и паяется, удовлетворительно обрабатывается резанием.

Применение

Электроды сварочных аппаратов, коллекторы электродвигателей и другие детали, которые должны сочетать высокую теплопроводность и электропроводность с жаропрочностью.

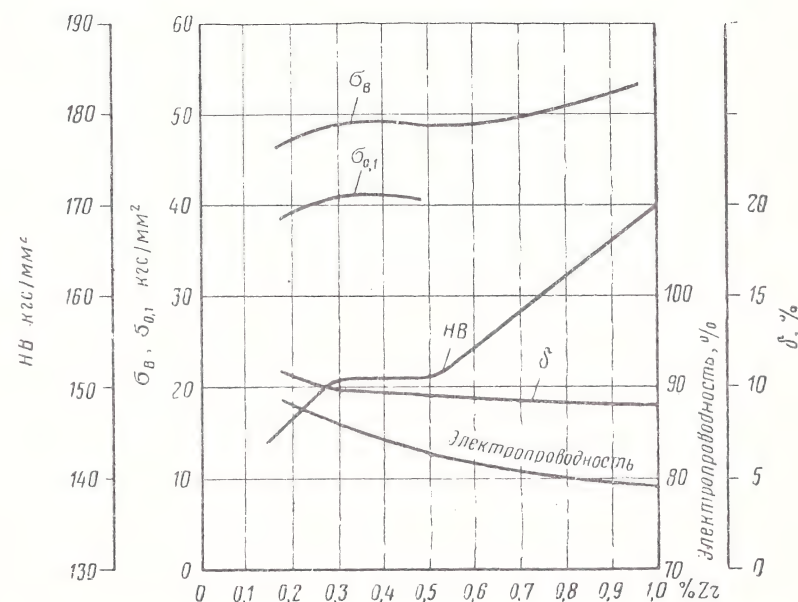


Рис. 1. Изменение механических свойств и электропроводности меди с увеличением содержания циркония.

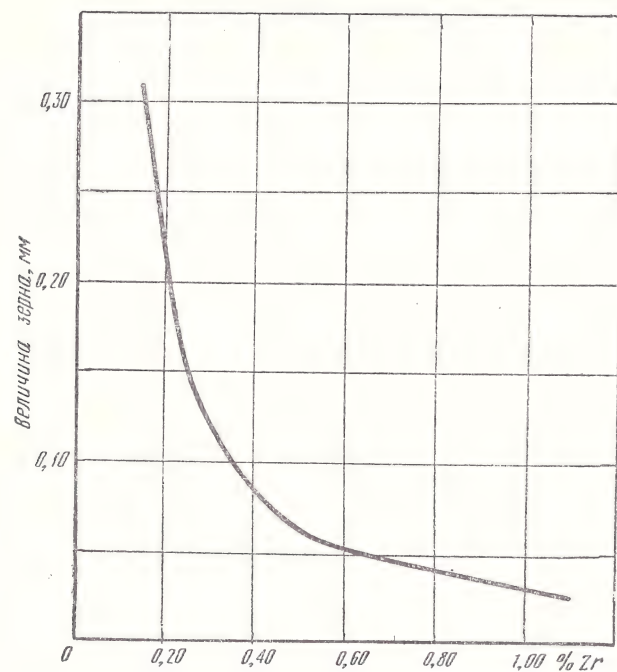
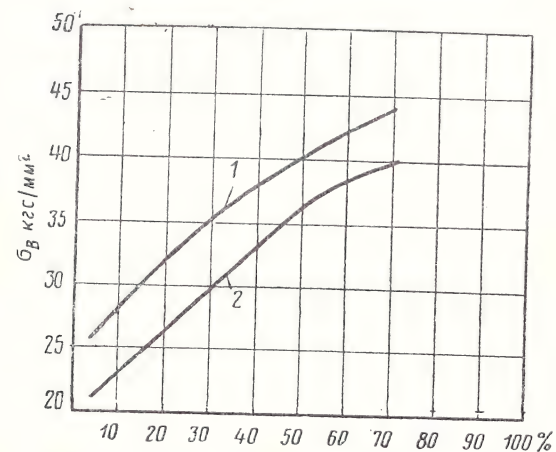


Рис. 2. Зависимость величины зерна меди от содержания циркония.

Рис. 3. Влияние отпуска в сочетании с холодной деформацией на прочность циркониевой бронзы. (Закалка перед деформацией с 900°C):
1 — отпуск при 425°C 1 час; 2 — без отпуска.

БРОНЗА КОБАЛЬТОНИКЕЛЕВАЯ

ВБр1

Химический состав в %

| Co | Ni | Be | Ti | Cu | Si | Al | Fe | Всего приме-сей |
|---------|---------|-----------|-----------|--------|----------|-----|------|-----------------|
| | | | | | не более | | | |
| 0,2—0,3 | 0,2—0,4 | 0,15—0,25 | 0,05—0,15 | Основа | 0,05 | 0,1 | 0,03 | 0,15 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | <i>E</i> | $\sigma_{пц}$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_{в}$ | δ_5 | ψ | <i>HV</i> <i>кгс/мм²</i> |
|------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------|----------------|--------------|------------|--------|--|
| | | <i>кгс/мм²</i> | | | | % | | |
| Прутки | Закаленные и отпущенные | 12500 | 30 | 40 | 50 | 20 | 40 | 150 |

Механические свойства при высоких температурах

| Вид полу-фабриката | Состояние | Температура испытания °C | E | E _д | σ _{пц} | σ _{0,2} | σ _в | δ ₅ | ψ | НВ |
|--------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|---|---------------------|
| | | | кгс/мм ² | | | | | % | | кгс/мм ² |
| Прутки | Закаленные и отпущенные | 100 | — | 13000 | — | — | — | — | — | 145 |
| | | 300 | 11700 | 12500 | 25 | 37 | 40 | 5 | 8 | 140 |
| | | 400 | 9000 | 12000 | 23 | — | 25 | 3 | 2 | 130 |
| | | 500 | — | 11000 | — | — | 20 | 1 | 2 | 110 |
| | | 600 | — | 10500 | — | — | 18 | 1 | 1 | 60 |
| | | 700 | — | 10000 | — | — | 10 | 10 | — | 30 |
| | | 800 | — | 9000 | — | — | — | — | — | — |

Пределы длительной прочности

| Вид полуфабриката | Состояние | Температура испытания °C | σ_{100} кгс/мм ² |
|-------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Прутки | Закаленные и отпущенные | 200 | 30 |
| | | 300 | 20 |
| | | 400 | 10 |

Физические свойства

Плотность 8870 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—200 | 20—300 | 20—400 | 20—500 | 20— —600 | 20— —700 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|-------------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 15,9 | 16,9 | 17,5 | 18,0 | 18,9 | 19,7 | 20,9 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 |
|-----------------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| λ Вт/м · град | 209,34 | 217,71 | 221,9 | 230,27 | 238,65 | 242,83 | 234,46 |

Удельное электросопротивление

$\rho \cdot 10^8 = 2,9$ ом · см.

Удельная теплоемкость

| Температура °C | 100—300 | 400—500 | 600—700 |
|-------------------|---------|---------|---------|
| c кдж/кг · град | 0,38 | 0,42 | 0,46 |

Коррозионная стойкость

Бронза обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью в атмосферных условиях (в районах промышленного центра) и во влажной среде.

Технологические данные

Бронза деформируется в горячем и холодном состояниях (холодная деформация допускается на 90%). Нагрев под закалку при 980°C, охлаждение в воде, отпуск при 480°C — 4 час. Температура литья 1140—1160°C.

Бронза удовлетворительно сваривается в среде защитных газов с применением присадочного материала состава: 0,2% Co; 0,4% Ni; 0,05% Zr, основа — медь. Удовлетворительно обрабатывается резанием.

Применение

Детали, которые должны сочетать высокую жаропрочность с высокой теплопроводностью или электропроводностью, для работы при температурах до 400°C (ламели коллекторов и др.) и другие детали специального назначения, подвергающиеся кратковременному нагреву до 600°C.

| | |
|------------|---------|
| КУНИАЛЬ. А | МНА13-3 |
|------------|---------|

Химический состав в %

| Ni+Co | Al | Cu | Fe | Mn | Pb | Сумма примесей |
|-----------|---------|--------|----------|------|-------|----------------|
| | | | не более | | | |
| 12,0—15,0 | 2,3—3,0 | Основа | 1,00 | 0,50 | 0,002 | 1,90 |

Механические свойства по ТУ (не менее)

| Вид полуфабриката | ТУ | Состояние | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | δ_{10} % |
|-------------------|----------------|--------------|--|--------------------|
| Прутки | ТУ48-21-407-74 | Прессованные | 70 | 7 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² |
|----------------------|---|--|--------------------|---------------------------|
| Прутки | Прессованные | 75 | 13 | 200 |
| | Твердые (деформированные на 40% и отпущенные при 500°C) | 100 | 4 | 275 |
| Прутки горячекатаные | Мягкие | 72 | 20 | — |

Физические свойства

Плотность 8500 кг/м³.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает повышенной коррозионной стойкостью в атмосферных условиях.

Технологические данные

Горячая обработка давлением при 900—1000°C. Температура нагрева под закалку 900°C; отпуск при 500°C в течение 2 час. Температура литья 1250—1300°C.

Применение

Детали, работающие при высоких температурах.

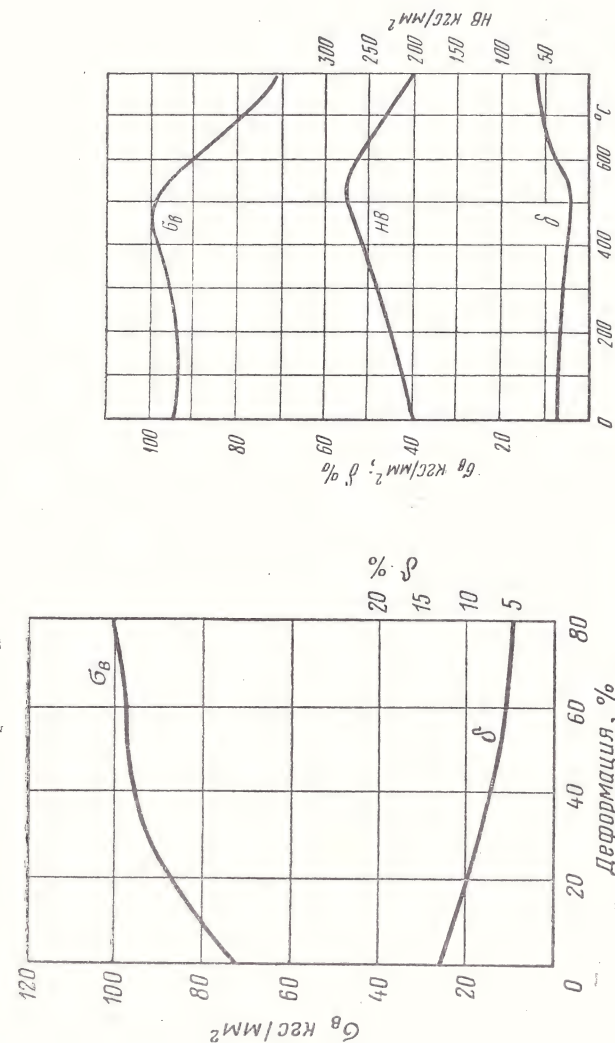


Рис. 2. Зависимость механических свойств полосы из сплава МНА13-3, деформированной на 40%, от температуры отжига в течение 1 час.

Рис. 1. Зависимость механических свойств горячекатаной полосы из сплава МНА13-3 от степени деформации.

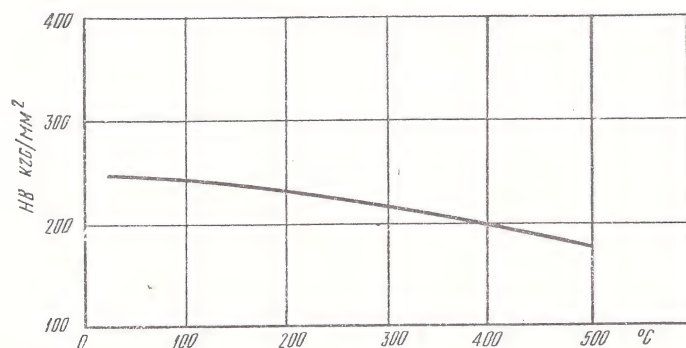


Рис. 3. Твердость сплава МНА13-3 при высоких температурах.

МЕДНОНИКЕЛЕВЫЕ СПЛАВЫ

Медноникелевые сплавы (мельхиор, нейзильбер, монель) обладают высокой коррозионной стойкостью и жаростойкостью, что позволяет применять их для изготовления деталей, работающих при высоких температурах и в коррозионноактивных средах.

Сплавы, содержащие до 68,5% Ni, при комнатной температуре немагнитны. Сплавы с 40—50% Ni обладают наибольшим удельным электросопротивлением, небольшой термоэлектродвижущей силой и наименьшим температурным коэффициентом электросопротивления.

Медноникелевые сплавы достаточно пластичны и удовлетворительно обрабатываются давлением в горячем и холодном состоянии. Изготавливаются в виде ленты, прутков, проволоки. Хорошо свариваются сваркой плавлением.

Мельхиор — сплав меди с 20% Ni — применяется как коррозионностойкий материал для работы в среде пара, пресной и морской воде, а также при повышенных температурах. Из него изготавливают сетки и конденсаторные трубки, работающие в тяжелых условиях (при повышенных давлениях и температурах), в которых медные и латунные трубки неприменимы.

Нейзильбер — тройной сплав меди, никеля и цинка — имеет удовлетворительную коррозионную стойкость и достаточно высокие механические свойства. Применяется для изготовления деталей приборов и арматуры, работающей во влажной или коррозионно-активной среде, а также для электротехнических целей. Поверхность сплава — блестящая.

Монель — сплав, содержащий 65—70% Ni; 2—3% Fe; 1,2—1,8% Mn (остальное — медь), имеет высокую коррозионную стойкость и хорошие характеристики прочности и жаропрочности. Применяется для изготовления деталей, работающих в различных агрессивных средах (пар, растворы солей, щелочей и кислот). Монель обладает хорошей стойкостью к окислению при температурах до 750°C. При нагреве до 500°C его механические свойства мало изменяются.

При использовании монеля в конструкции следует избегать его контакта с менее благородным металлом, так как образующаяся пара вызывает ускоренную коррозию этого материала.

| МЕЛЬХИОР | | | | МН19 | | |
|-----------------------|--------|----------|-------|-------|-------|----------------|
| Химический состав в % | | | | | | |
| Ni+Co | Cu | Fe | Mn | Si | Mg | Pb |
| | | не более | | | | |
| 18,0—20,0 | Основа | 1,0 | 0,30 | 0,15 | 0,05 | 0,005 |
| Продолжение | | | | | | |
| S | C | P | Bi | As | Sb | Сумма примесей |
| не более | | | | | | |
| 0,01 | 0,05 | 0,010 | 0,002 | 0,010 | 0,005 | 1,5 |

Механические свойства по ГОСТ или ТУ (не менее)

| Вид полуфабриката | ГОСТ или ТУ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % |
|-------------------|-----------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|
| Полосы | ГОСТ 5063—73 | Мягкие | 30 | 30 |
| | | Твердые | 40 | 3 |
| Лента | ГОСТ 5187—70 | Мягкая | 30 | 25 |
| | | Твердая | 40 | 2,5 |
| Лента | ТУ 48-08-278-70 | Мягкая | 30 | 32 |
| Прутки | ТУ 48-21-191-72 | Мягкие | 30 | — |
| | | Твердые | 40 | — |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | E | $\sigma_{пц}$ | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | НВ | σ_{-1} * |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------|-----------------|
| | | кгс/мм ² | | | | % | | кгс/мм ² | |
| Листы и полосы | Мягкие | — | 10 | 17 | 40 | 35 | 75 | 70 | 12 |
| | Твердые (деформированные на 60—80%) | 14000 | 45 | 50 | 60 | 5 | — | 180 | 16 |

* На базе $1 \cdot 10^8$ циклов.

Глубина выдавливания по Эриксену *

| Вид полуфабриката | Толщина мм | Состояние | Минимальная глубина сферической лунки мм |
|-------------------|---------------|-----------|---|
| Листы | 1,68 | Твердые | 4,3 |
| | 0,84 | » | 3,4 |
| | 0,42 | » | 3,5 |
| | 1,68 | Мягкие | 13,1 |
| | 0,84 | » | 12,1 |
| | 0,42 | » | 10,9 |

* Диаметр пуансона 10 мм.

Механические свойства при низких температурах

| Вид полуфабриката | Состояние | Температура испытания °C | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ |
|-------------------|-----------|-----------------------------|---------------------|------------|---------------|--------|
| | | | кгс/мм ² | | % | |
| Проволока | Мягкая | 20 | 19 | 36 | 26 | 78 |
| | | —10 | 20 | 39 | 28 | 77 |
| | | —40 | 20 | 42 | 29 | 77 |
| | | —80 | 20 | 43 | 29 | 76 |
| | | —120 | 20 | 46 | 28 | 75 |
| | | —180 | 23 | 51 | 36 | 72 |

Физические свойства

Плотность 8920 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 16 |

Коэффициент теплопроводности

 $\lambda = 37,0$ Вт/м · град.

Удельное электросопротивление

$$\rho \cdot 10^6 = 30 \text{ ом} \cdot \text{см.}$$

Коррозионная стойкость

Мельхиор обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и при повышенных температурах. Потеря в весе за сутки в морской воде составляет 0,17 г/м².

Технологические данные

Мельхиор хорошо обрабатывается давлением в горячем и холодном состояниях (прессование, прокатка и волочение). Температура горячей обработки 980—1030, отжига 690—780, рекристаллизации — 420°C. Температура литья 1280—1300°C.

Применение

Детали точных приборов, сетки и химически стойкие детали.

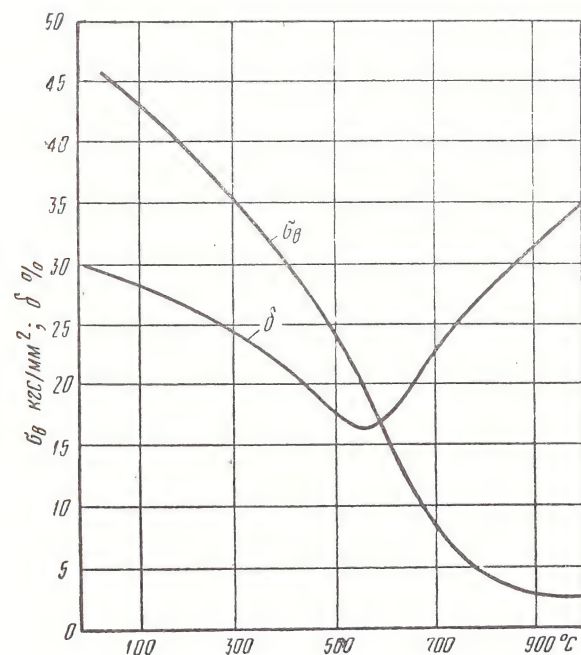


Рис. 1. Механические свойства, прутков диаметром 25 мм, деформированных на 20%, при высоких температурах. (Выдержка при испытании 1 час; величина зерна 0,035 мм).

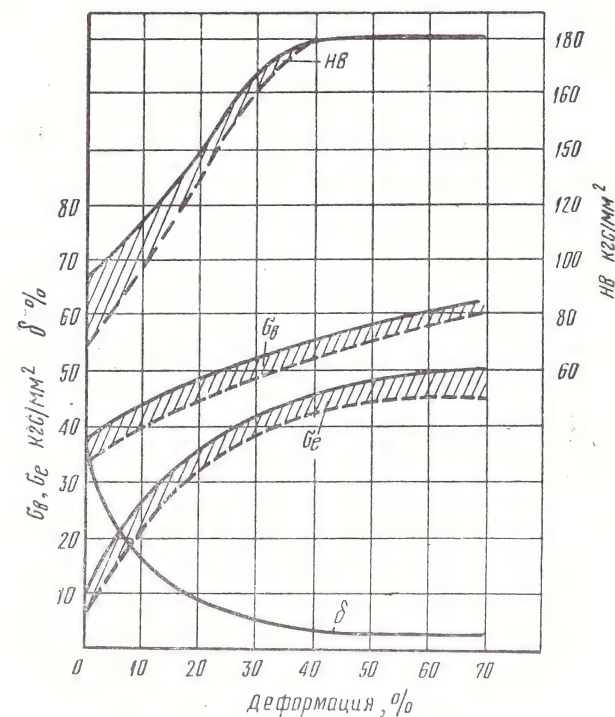


Рис. 2. Зависимость механических свойств мягких листов толщиной 1 мм из мельхиора МН19 от степени деформации и величины зерна (z):

— $z = 0,015 \text{ мм}$; — — $z = 0,055 \text{ мм}$.

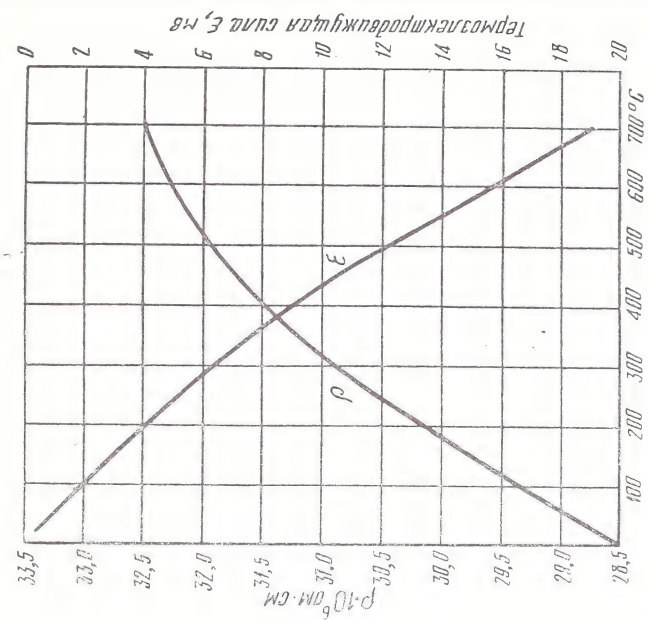


Рис. 4. Физические свойства мельхиора МН19 при высоких температурах.

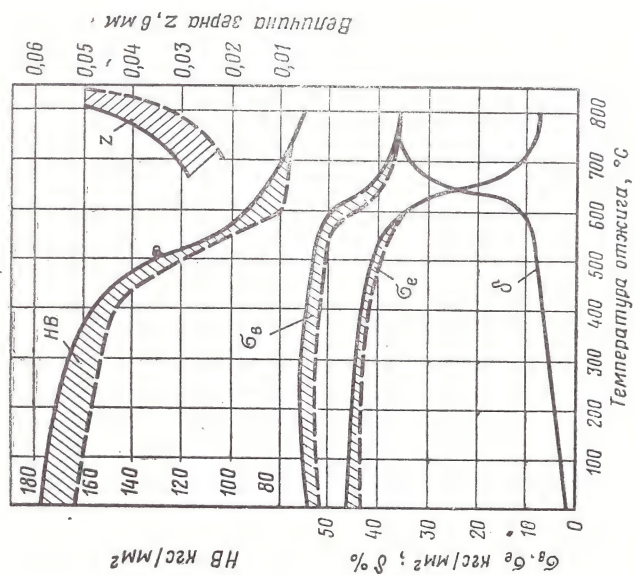


Рис. 3. Зависимость механических свойств лис-тов толщиной 1 мм, деформированных на 50%, из мельхиора МН19 от температуры отжига в течение 1 час и величины зерна.

— величина зерна 0,015 мм, — — — величина зерна 0,055 мм

| НЕИЗИЛЬБЕР | | | | МНЦ15-20 | | | |
|---|----------------|---------------|--|----------------------|-------|-------|----------------|
| Химический состав в % | | | | | | | |
| Ni+Co | Zn | Cu | Fe | Mn | Si | Mg | |
| | | | не более | | | | |
| 13,50—16,50 | 18,0—22,0 | Основа | 0,50 | 0,30 | 0,15 | 0,05 | |
| Продолжение | | | | | | | |
| Pb | S | C | P | Bi | As | Sb | Сумма примесей |
| не более | | | | | | | |
| 0,020 | 0,005 | 0,03 | 0,005 | 0,002 | 0,010 | 0,002 | 0,90 |
| Механические свойства по ГОСТ или ТУ (не менее) | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | ГОСТ или ТУ | Состояние | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | δ_{10}^* % | | | |
| Полосы | ГОСТ 5063—73 | Мягкие | 35 | 35 | | | |
| | | Твердые | 55 | 1 | | | |
| | | Особо твердые | 65 | 1 | | | |
| Лента | ГОСТ 5187—70 | Мягкая | 35 | 30 | | | |
| | | Полутвердая | 45—55 | 4 | | | |
| | | Твердая | 55—70 | 2 | | | |
| | | Особо твердая | >70 | — | | | |
| Прутки тянутые диаметром (мм): | ТУ 48-21-84-72 | | | | | | |
| | | Мягкие | 35 | 30 | | | |
| | | Твердые | 45 | 5 | | | |
| | | » | 40 | 7 | | | |
| Прутки катаные диаметром 32—50 мм | ТУ 48-21-84-72 | | 35 | 8 | | | |

Продолжение

| Вид полуфабриката | ГОСТ или ТУ | Состояние | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | δ_{10}^* % |
|---------------------------|--------------|-------------|--|----------------------|
| Проволока диаметром (мм): | ГОСТ 5220—71 | Мягкая | 35 | 15 |
| 0,1—0,20 | | | | |
| 0,25—0,50 | | | | |
| 0,60—1,00 | | | | |
| 1,10—5,0 | | | | |
| 0,6—1,00 | | Полутвердая | 45 | 3 |
| 1,1—5,0 | | | 45 | 5 |
| 0,1—0,50 | | Твердая | 70—110 | — |
| 0,6—1,00 | | | 70—110 | — |
| 1,1—5,0 | | | 55 | 1,0 |

Примечание. Лента твердая высокой точности выпускается по ТУ 48-21-252-72.

* На длине 100 мм (на проволоке).

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | E | $\sigma_{\text{пл}}$ | $\sigma_{0,005}$ при изгибе | $\sigma_{0,5}$ | $\sigma_{\text{в}}$ | δ_{10} | HV | $\tau_{\text{ср}}$ | σ_{-1}^* |
|-------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|------|--------------------|-----------------|
| | | кгс/мм ² | | | % | | кгс/мм ² | | | |
| Прутки | Мягкие | 12600 | 10 | — | 16 | 38 | 35 | 70 | 25 | 12 |
| Лента и полосы | Мягкие | 12600 | — | 14 | 16 | 40 | 40 | 80 | 28 | 12 |
| | Полутвердые | — | — | — | 42 | 52 | 10 | 150 | 33 | — |
| | Твердые | — | — | 33 | 53 | 60 | 3 | 180 | 35 | 14 |
| | Твердые отпущенные | — | — | 48 | — | — | — | 200 | — | — |
| | Особо твердые | — | — | 52,5 | 55 | 64 | 2 | 185 | 38 | 16 |
| | То же, отпущенные | — | — | 66 | — | — | — | 210 | — | — |

* На базе $1 \cdot 10^8$ циклов.

Механические свойства при низких температурах

| Вид полуфабриката | Состояние | Температура испытания °C | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_{\text{в}}$ | δ_{10} | ψ |
|-------------------|-------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|---------------|--------|
| | | | кгс/мм ² | | % | |
| Прутки | Полутвердые | 20 | — | 52 | 21 | 54 |
| | | —154 | — | 66 | 35 | 63 |
| | Мягкие | 20 | 21 | 45 | 47 | 62 |
| | | —154 | 27 | 58 | 57 | 69 |

Релаксационная стойкость

| Вид полуфабриката | Состояние | Температура испытания °C | σ_0 кгс/мм ² | Остаточное напряжение (σ_R) (кгс/мм ²) за время в час | | | | |
|-------------------|---|-----------------------------|-----------------------------------|---|------|------|-------|-------|
| | | | | 100 | 300 | 1000 | 10000 | 50000 |
| Лента | Твердая (деформированная на 55%) | 20 | 33 | 32,5 | — | 32 | 31 | 30 |
| | | 100 | 40 | — | 36,5 | — | — | — |
| | | 200 | 40 | — | 32 | — | — | — |
| | Твердая (деформированная на 55% и отпущенная) | 20 | 39 | 39 | — | 38,5 | 38 | 37 |
| | | 100 | 40 | — | 38,5 | — | — | — |
| | | 150 | 40 | — | 37,5 | — | — | — |
| | | 200 | 40 | — | 36,5 | — | — | — |
| | | 20 | 33 | 32,5 | — | 32 | 31 | 30 |
| | | 100 | 40 | — | 36,5 | — | — | — |
| | | 200 | 40 | — | 32 | — | — | — |

Физические свойства

Плотность 8800 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—300 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 16,6 |

Коэффициент теплопроводности

Температура
°C

20

 λ Вт/м·град

36

Удельное электросопротивление

 $\rho \cdot 10^6 = 25$ ом·см.

Удельная теплоемкость

 $c = 0,377$ кДж/кг·град.

Коррозионная стойкость

Сплав обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Сплав деформируется в горячем и холодном состояниях. Температура прокатки 950—970, прессования 800°C. Степень деформации в горячем состоянии 30% за один проход, суммарное обжатие в холодном состоянии 70%. Отжиг при 700—750°C, низкотемпературный отжиг при 250—300°C. Материал хорошо соединяется пайкой и сваркой.

Температура литья 1150—1170°C.

Применение

Детали приборов, пружины и арматура, работающая в среде пара и воды.

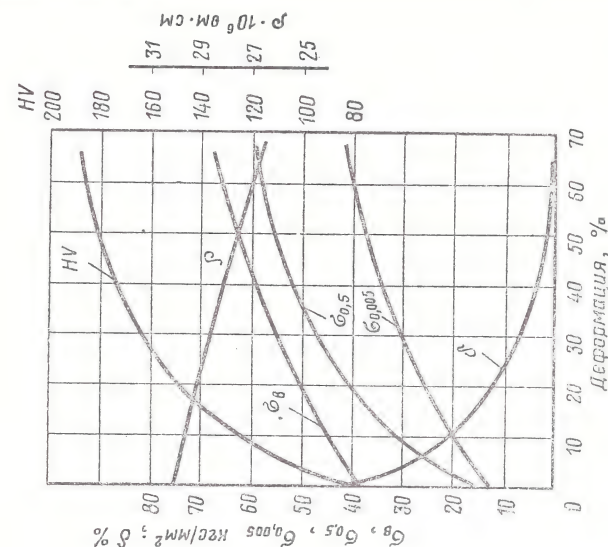


Рис. 2. Зависимость механических свойств и удельного электросопротивления мягкой полусы из нейзильбера МНЦ15-20 от степени деформации.

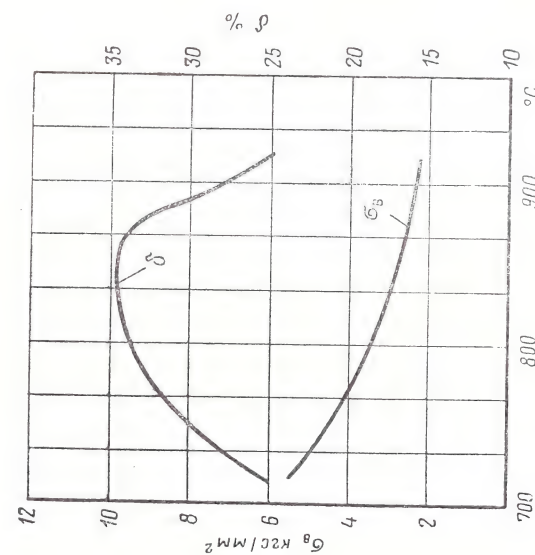


Рис. 1. Механические свойства нейзильбера МНЦ15-20 при высоких температурах.

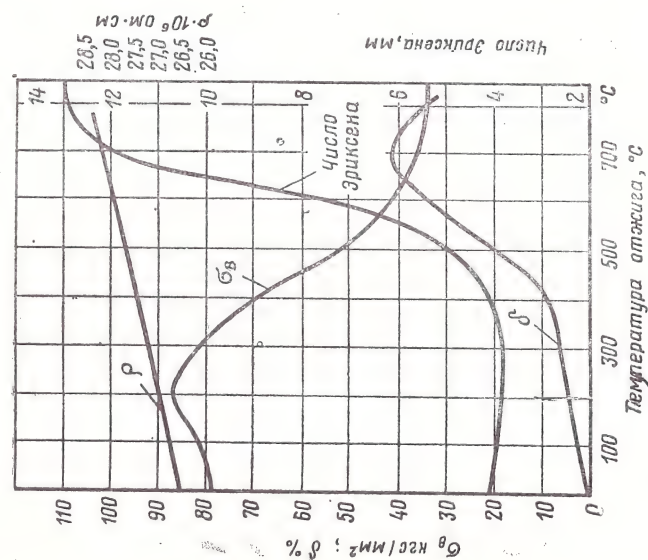


Рис. 3. Зависимость механических свойств и удельного электросопротивления полос, деформированной на 60%, из нейзильбера МНЦ15-20, от температуры отжига в течение 1 час.

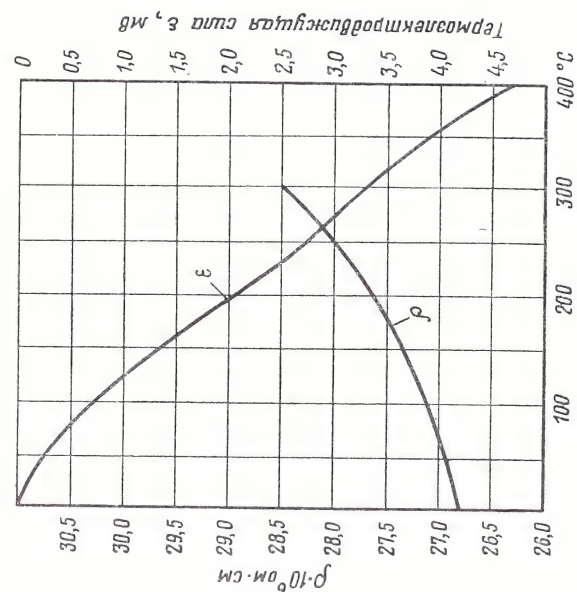


Рис. 4. Физические свойства нейзильбера МНЦ15-20 при высоких температурах.

| МОНЕЛЬ | | | | НМЖМц28-2,5-1,5 | | |
|---|-----------------|-----------|-------------|-----------------------------------|----------------------|----------------|
| Химический состав в % | | | | | | |
| Fe | Mn | Cu | Ni+Co | Mg | Si | Pb |
| | | | | не более | | |
| 2,00—3,00 | 1,20—1,80 | 27,0—29,0 | Основа | 0,10 | 0,05 | 0,002 |
| Продолжение | | | | | | |
| S | C | P | Bi | As | Sb | Сумма примесей |
| не более | | | | | | |
| 0,01 | 0,20 | 0,005 | 0,002 | 0,010 | 0,002 | 0,60 |
| Механические свойства по ГОСТ или ТУ (не менее) | | | | | | |
| Вид полуфабриката | ГОСТ или ТУ | | Состояние | σ_v кгс/мм ² | δ_{10}^* % | |
| Полосы и лента | ГОСТ 5063—73 | | Мягкие | 45 | 25 | |
| | ГОСТ 5187—70 | | Полутвердые | 58 | 6,5 | |
| Прутки катаные и поковки | ТУ 48-21-145-72 | | — | 45 | 18 | |
| Прутки диаметром (в мм): | ГОСТ 1525—53 | | | | | |
| | тянутые 5—40 | | Мягкие | 45 | 25 | |
| | | | Твердые | 60 | 10 | |
| катаные 35—70 | | | — | 50 | 18 | |
| Проволока диаметром (в мм): | ТУ 48-21-14-72 | | | | | |
| | 0,5—4,99 | | Мягкая | 50 | 25 | |
| | 5—10 | | | 45 | 30 | |
| | 0,5—4,99 | | Твердая | 70 | 1 | |
| | 5—10 | | | 65 | 1 | |

* На длине 100 мм.

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | <i>E</i> | <i>G</i> | $\sigma_{\text{пл}}$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_{\text{в}}$ |
|------------------------|------------------------|---------------------|----------|----------------------|----------------|---------------------|
| | | кгс/мм ² | | | | |
| Прутки | Мягкие | 18000 | 6700 | 17 | 25 | 55 |
| | Горячекатаные | — | — | — | 30 | 60 |
| | Твердые (тя- нутые) | — | — | — | 60 | 70 |
| Лента и по- лосы | Мягкие | — | — | — | 28 | 55 |
| | Твердые | — | — | — | 55 80 | 75 95 |
| Проволока | Мягкая | — | — | — | 25 | 55 |
| | Твердая | — | — | — | 65 | 80 |

Продолжение

| Вид полу- фабриката | Состояние | δ_{10} | ψ | $\tau_{\text{ср}}$ | <i>HV</i> | σ_{-1}^* | Глубина сфери- ческой лунки мм |
|------------------------|------------------------|---------------|---------------------|--------------------|-----------|-----------------|---|
| | | % | кгс/мм ² | | | | |
| Прутки | Мягкие | 40 | 65 | 39 | 125 | — | — |
| | Горячекатаные | 35 | 65 | — | 160 | — | — |
| | Твердые (тя- нутые) | 12 | — | — | 200 | 28 | — |
| Лента и по- лосы | Мягкие | 40 | — | — | 120 | 17 | 14 |
| | Твердые | 13 | — | — | 220 | 26 | 8 |
| | | 2 | — | — | — | — | — |
| Проволока | Мягкая | 40 | — | — | — | — | — |
| | Твердая | 5 | — | — | — | — | — |

* На базе $1 \cdot 10^8$ циклов.

Механические свойства при низких температурах

| Вид полу- фабриката | Состояние | Темпе- ратура испы- тания °C | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_{\text{в}}$ | δ_{10} | <i>HV</i> |
|------------------------|-----------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|
| | | | кгс/мм ² | | % | кгс/мм ² |
| Прутки тянутые | Мягкие | 20 | 24 | 55 | 45 | — |
| | | —183 | 34 | 80 | 48 | — |
| | Твердые | 20 | 65 | 72 | 15 | 210 |
| | | —80 | 70 | 82 | 20 | 245 |

Пределы ползучести

| Вид полу- фабри- ката | Состоя- ние | $\sigma_{\text{в}}^{20^\circ}$ кгс/мм ² | Темпе- ратура испы- тания °C | $\sigma_{0,01/1000}$ | $\sigma_{0,1/1000}$ | $\sigma_{0,2/1000}$ | $\sigma_{1/1000}$ |
|-----------------------------|----------------|---|---------------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| | | | | кгс/мм ² | | | |
| Пру- тки тяну- тые | Твердые | 80 | 370 | 42 | 63 | 70 | — |
| | | | 400 | 21 | 40 | 44 | — |
| | | | 450 | 6 | 17 | 20 | 27 |
| | | | 500 | 1 | 6 | 8 | 14 |
| | | | 550 | 0,2 | 3 | 4 | 7 |
| | | | 600 | 0,1 | 1 | 1,5 | 3 |

Физические свойства

Плотность 8800 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 25—100 | 25—300 | 25—750 |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 14 | 15 | 16,4 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 |
|---------------------|----|------|------|-----|-----|
| λ вт/м·град | 22 | 24,3 | 27,6 | 30 | 34 |

Удельное электросопротивление

$$\rho \cdot 10^6 = 50 \text{ ом} \cdot \text{см.}$$

Удельная теплоемкость

$$c = 0,45 \text{ кдж/кг} \cdot \text{град.}$$

Температура магнитного превращения 40—60°C.

Коррозионная стойкость

Сплав обладает высокой коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Обрабатывается давлением в горячем и холодном состояниях. Температура обработки 950—1150°C; максимально допустимая деформация в холодном состоянии 94%. Температура отжига 850—950°, низкотемпературного отжига 400—450°C.

Температура литья 1500—1560°C; линейная усадка — 2%.

Применение

Детали, работающие в агрессивных средах: рабочие колеса насосов, корпуса, клапаны, тройники, втулки, краны и т. п.

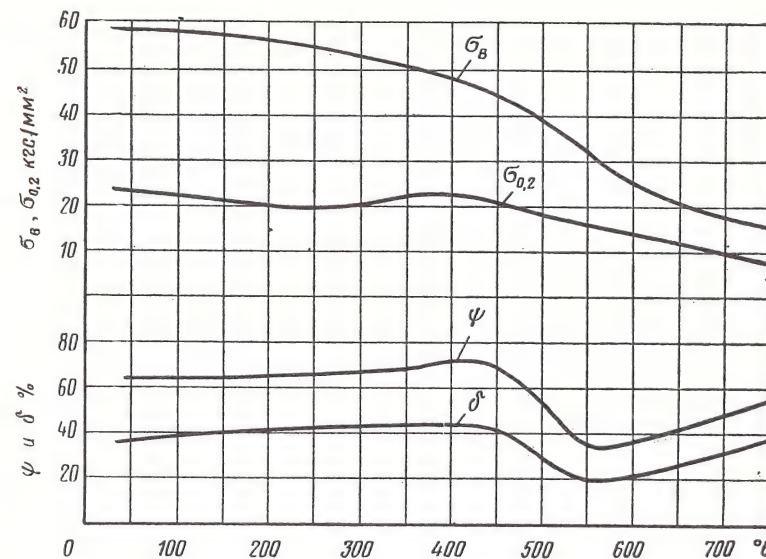


Рис. 1. Свойства горячекатаного монель-металла при высоких температурах.

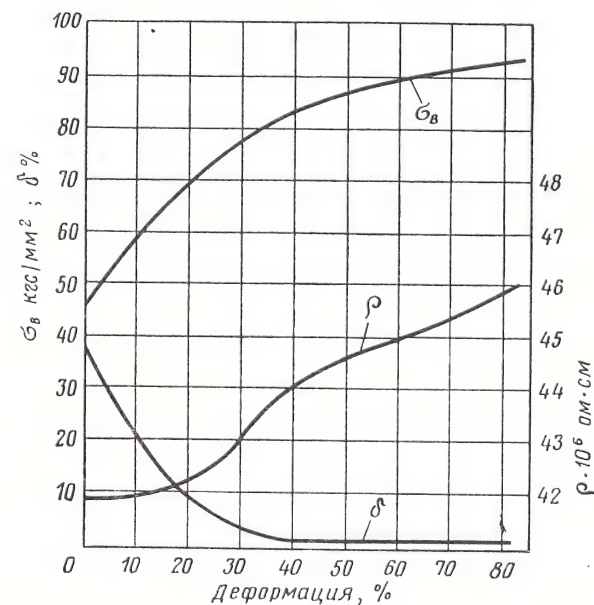


Рис. 2. Зависимость механических свойств и удельного электросопротивления проволоки из монель-металла от степени деформации.

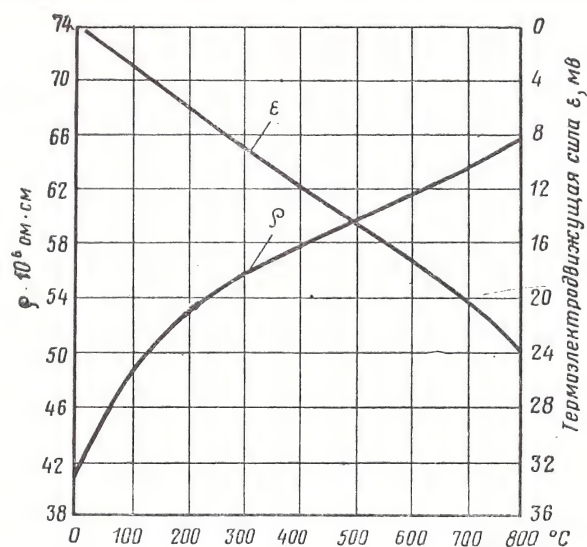


Рис. 3. Физические свойства монель-металла при высоких температурах.

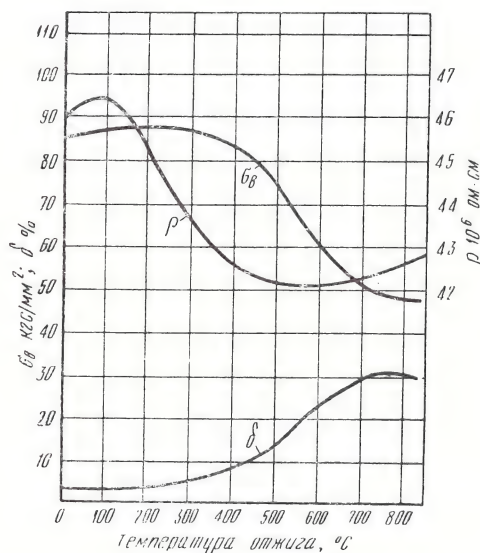


Рис. 4. Зависимость механических свойств и удельного электросопротивления монель-металла от температуры отжига.

СПЛАВЫ ДЛЯ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Сплавы этой группы применяются для изготовления различных пружинящих деталей. Из бериллиевых бронз (БрБ2, БрБ2,5, БрБНТ1,9, БрБНТ1,7) и оловянистых (БрОФ7-0,2, БрОФ6,5-0,15), а также кремнистомарганцевой бронзы марки БрКМц3-1 и из латуни некоторых марок получают пружины различного назначения — витые и плоские, токоподводящие упругие детали электрооборудования, упругие элементы в виде гофрированных мембран и сильфонов точных приборов, трубки Бурдона и другие пружинящие детали.

Указанные детали изготовляют из полос, ленты толщиной не ниже 0,15 мм и проволоки диаметром не ниже 0,1 мм. Для получения манометрических пружин Бурдона служат тонкостенные трубки различных размеров.

Оловянистые, кремнистомарганцевая и алюминиевая бронзы, представляющие собой твердые растворы, обладают высокими упругими свойствами лишь в деформированном состоянии, особенно после непродолжительного (1 час) низкотемпературного отжига (иногда называемого отпуском) при 250—280°C.

Эти сплавы применяются главным образом при температуре, не превышающей 100°C. При более высоких температурах увеличивается релаксация и понижаются механические свойства (рис. 1—2).

Для изготовления пружин применяется также дисперсионно-твердеющая никельалюминиевая бронза марки МНА6-1,5 (Купиаль Б). Свойства у этой бронзы, содержащей 6% Ni и 1,5% Al, повышаются лишь под действием отжига при 500°C, вследствие значительного содержания никеля и дисперсионного твердения при отпуске.

Высокая твердость сплавов в закаленном состоянии, в частности температуростойкого сплава МНА6-1,5, обладающего значительной твердостью после закалки, также затрудняет изготовление пружинящих деталей сложной формы.

Исключительным преимуществом бериллиевых бронз, представляющих собой дисперсионно-твердеющие сплавы, является их мягкость и высокая пластичность в закаленном состоянии; эти качества допускают навивку пружин и холодную прокатку ленты, а также изготовление глубокой вытяжкой и прессованием тонкостенных пружинящих деталей любой сложности. После дисперсионного твердения при отпуске готовые детали приобретают высокие упругие свойства. Пластичность бериллиевых бронз в закаленном состоянии, характеризующая глубиной выдавливания по Эриксену, составляет 8—9 мм при твердости 90 кгс/мм²; твердость после отпуска — 350—400 кгс/мм², предел упругости достигает 75 и предел выносливости — 30 кгс/мм² (на базе $1 \cdot 10^8$ циклов). При

этом сплавы обладают температуроустойчивостью (см. рис. 2), допускающей применение упругих элементов из бериллиевых бронз при температурах до 150—170°C.

Бериллиевые бронзы немагнитны и отличаются высокой коррозионной стойкостью под напряжением, превосходя в этом отношении оловянистые и другие бронзы. Сплавы этой группы полностью устойчивы в условиях тропиков. Электропроводность бериллиевых бронз составляет 25—30% от электропроводности чистой меди. Легирование небольшим количеством титана позволяет уменьшить содержание бериллия и получить более однородную структуру бронзы без существенного снижения прочности сплавов. Бериллиевые бронзы хорошо свариваются и паяются. Обработка их резанием даже после дисперсионного твердения затруднений не вызывает.

Благодаря сочетанию хорошей пластичности (в закаленном состоянии), обеспечивающей материалу высокую технологичность, с весьма высокими упругими свойствами и сопротивлением усталости (после отпуска), бериллиевые бронзы представляют собой лучший материал для изготовления упругих элементов авиаприборов и широко используются в отечественной и зарубежной промышленности.

Недостатком бериллиевых бронз является их сравнительно высокая стоимость и токсичность бериллия. В связи с этим в настоящее время проводятся работы по опробованию в производственных условиях новых сплавов, не содержащих бериллия, использование которых позволит сократить применение бериллиевых бронз.

Для изготовления упругих элементов приборов, работающих при температурах до 250°C, могут быть использованы сплавы типа мельхиор, а также алюминиевоникелевая бронза, содержащая марганец и кремний, улучшающие термостойкость материала и повышающие упругие свойства. Бронза БрАНМц6-6-2-1 является дисперсионно-твердеющим сплавом. После отпуска она имеет высокие упругие свойства ($\sigma_{0,005} = 80 \text{ кгс/мм}^2$). Значительная твердость этой бронзы после закалки ($HV = 110 \text{ кгс/мм}^2$) усложняет изготовление из нее деталей (штамповка мембран, формовка сильфонов). Сплавы такого типа рекомендуются для применения в условиях повышенных температур в тех случаях, когда не предъявляется высоких требований к электропроводности (электросопротивление бронзы БрАНМцК6-6-2-1 составляет $\rho \cdot 10^6 = 16 \text{ ом} \cdot \text{см}$, а бериллиевой бронзы — $\rho \cdot 10^6 = 8 \text{ ом} \cdot \text{см}$).

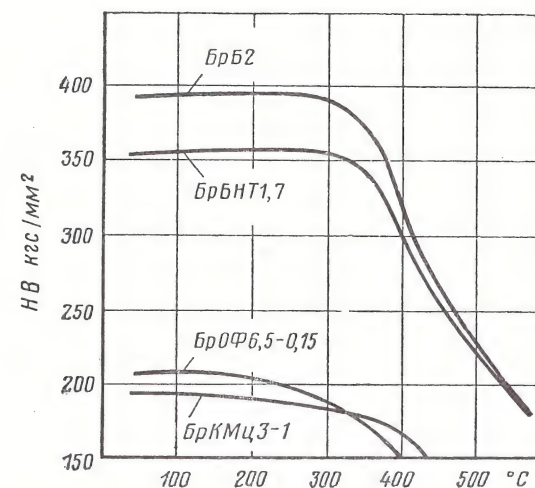


Рис. 1. Твердость бронз БрБ2, БрБНТ1,7, БрОФ6,5-0,15 и БрКМц3-1 в зависимости от температуры испытания.

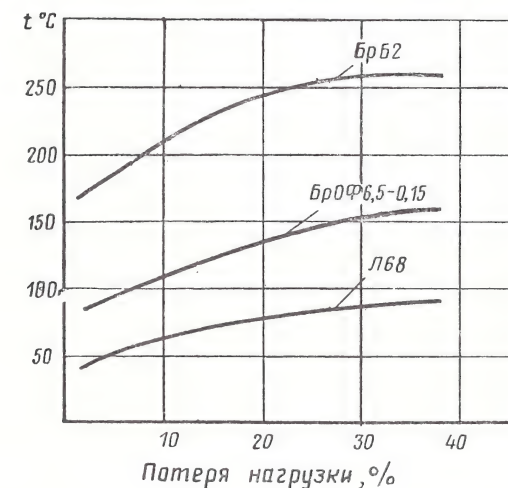


Рис. 2. Влияние температуры испытания на релаксацию напряжений (при 25°C и $\sigma = 35 \text{ кгс/мм}^2$) бронз БрБ2, БрОФ6,5-0,15 и латуни Л68.

| БРОНЗЫ БЕРИЛЛИЕВЫЕ | | | | | БрБ2,5; БрБ2; БрБНТ1,9; БрБНТ1,7 | | | | |
|---|----------------------|--------------------------------|---|---------------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Химический состав в % | | | | | | | | | |
| Марка | Be | Ni | Ti | Cu | Fe | Pb | Al | Si | Сумма при- месей |
| | | | | | не более | | | | |
| БрБ2,5 | 2,3—2,6 | 0,2—0,5 | — | Основа | 0,15 | 0,005 | 0,15 | 0,15 | 0,5 |
| БрБ2 | 1,9—2,2 | 0,2—0,5 | — | | 0,15 | 0,005 | 0,15 | 0,15 | 0,5 |
| БрБНТ1,9 | 1,85—2,10 | 0,2—0,4 | 0,10—0,25 | | 0,15 | 0,005 | 0,15 | 0,15 | 0,5 |
| БрБНТ1,7 | 1,60—1,85 | 0,2—0,4 | 0,1—0,25 | | 0,15 | 0,005 | 0,15 | 0,15 | 0,5 |
| Механические свойства по ГОСТ или ТУ (не менее) | | | | | | | | | |
| Марка | ГОСТ или ТУ | Вид полу- фабри- ката | Состояние | Толщина, диаметр мм | σ_b кгс/мм ² | δ_5 % | HV кгс/мм ² | Глубина выдав- ливания, мм * | |
| БрБ2,5 | ТУ 48- -21-96-72 | Полосы | Мягкие (закален- ные) | 0,15—0,25 | — | — | — | 6 | |
| | | | 0,3—1,65 | 40—60 | 25 | — | 7 | | |
| | | | Твердые (деформи- рованные после за- калки) | 0,15—0,25 | — | — | — | 3 | |
| | | | 0,3—1,65 | 70 | 1,5 | — | 3 | | |
| | | | Отпущен- ные (после закалки) | — | — | — | 340** | — | |
| БрБ2 | ТУ-48- -21-289-73 | Прутки | Отпущен- ные (после деформа- ции) | — | — | — | 384** | — | |
| | | | Мягкие (отожжен- ные) | — | 40—60 | 30 | HV ≥ 100 **** | — | |
| | | | Твердые (нагарто- ванные) | — | 75—100 | 1 | >150 **** | — | |

Продолжение

| Марка | ГОСТ или ТУ | Вид полу- фабри- ката | Состояние | Толщина, диаметр мм | σ_b кгс/мм ² | δ_5 % | HV кгс/мм ² | Глубина выдав- ливания, мм * |
|-------------------|------------------|--------------------------------|--|---------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------------|
| БрБ2; БрБНТ1,9 | ГОСТ 1789—70 | Полосы и лента | Мягкие (закален- ные) | До 0,15 | — | — | Не более 130*** | 8 |
| | | | | 0,15—0,25 | 40—60 | 20 | 120 | 8 |
| | | | Твердые (деформи- рованные на 30— 40%) | Свыше 0,25 | 40—60 | 30 | 170*** | — |
| | | | | До 0,15 | — | — | 160 | 3 |
| | | | Отпущен- ные (после закалки) | 0,15—0,25 | 60—90 | — | — | 3 |
| | | | | Свыше 0,25 | 65—95 | 2,5 | — | — |
| | | | Отпущен- ные (после деформа- ции) | До 0,15 | — | — | 330 | — |
| | | | | 0,15—0,25 | 110—150 | — | 2 | — |
| БрБНТ1,7 | ГОСТ 1789—70 | | Твердые (деформи- рованные на 30— 40%) | Свыше 0,25 | 115—150 | 2 | — | — |
| | | | | До 0,15 | — | — | 360 | — |
| | | | Отпущен- ные (после деформа- ции) | 0,15—0,25 | 115—160 | — | — | 3 |
| | | | | Свыше 0,25 | 120—160 | 1,5 | — | — |
| БрБ2 | ГОСТ 15834—70 | Про- волока | Мягкая (после за- калки или отжига) | До 0,15 | — | — | 150 | 3 |
| | | | | 0,15—0,25 | 60—95 | — | 2,5 | — |
| | | | Закален- ная и от- пущенная | Свыше 0,25 | 60—95 | 2,5 | — | — |
| | | | | До 0,15 | — | — | 340 | — |
| | | | Мягкая (после за- калки или отжига) | 0,15—0,25 | 110—150 | — | 2 | — |
| | | | | Свыше 0,25 | 110—150 | 2 | — | — |
| | | | Закален- ная и от- пущенная | До 0,15 | — | — | — | — |
| | | | | 0,15—0,25 | 110—150 | — | 2 | — |

| Продолжение | | | | | | | | |
|-------------|------------------|-----------------------------|---|--|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Марка | ГОСТ или ТУ | Вид полу- фабри- ката | Состояние | Толщина, диаметр мм | σ_B кгс/мм ² | δ_5 % | HV кгс/мм ² | Глубина выдав- ливания, мм * |
| БрБ2 | ГОСТ 15834—70 | Про- волока | Твердая (деформи- рованная) | 0,06—0,50 0,55—5,00 5,50— 12,00 | 95—140 75—120 65—100 | — — — | — — — | — — — |
| БрБ2 | ГОСТ 15835—70 | Прутки тянутые | Мягкие | 10—40,0 | 40—60 | 25 | 100— 150 | — |
| | | | Твердые холодно- тянутые | 5,0—15,0 16,0—40,0 | 75—100 65—90 | 1,0 1,0 | 150 150 | — |
| | | | Закален- ные и от- пущенные | — | 110 | 2,0 | 320 | — |
| | | | Дефор- мирован- ные и от- пущенные | — | 120 | 2,0 | 340 | — |
| | | Прутки прессован- ные | Прессо- ванные | — | 45 | 20 | — | — |

Примечание. Лента из бронзы БрБ2 специального назначения выпускается по ТУ48-21-311-73; лента с пределом упругости не менее 55 кгс/мм² — по ТУ 48-21-265-73.

* Радиус пуансона 10 мм.

** По прибору ПМТ-33 с нагрузкой 200 г.

*** В числителе — для бронзы БрБ2, в знаменателе — для бронзы БрБНТ1,9

**** HV 2,5/187,5/30.

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Марка | Вид полу- фабриката | Состояние | E | σ , кгс/мм ² | | | | δ_5 | ψ | HV | σ_{-1} * |
|--|--------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| | | | | $\sigma_{0,005}$ | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | $\sigma_{0,2}$ | | | | |
| БрБ2,5 БрБ2 БрБНТ1,9 БрБНТ1,7 | Полосы Лента и проволока | Мягкие (за- каленные) | 12050 11700 11000 10700 | 16 13 13 12 | 30 25 25 22 | 50 45 45 44 | 30 25 40 50 | 30 40 40 50 | 42 65 70 75 | 115 90 90 85 | — — — — |
| БрБ2,5 БрБ2 БрБНТ1,9 БрБНТ1,7 | Полосы Лента и проволока | Твердые (за- каленные и деформиро- ванные на 40%) | 12300 12100 12100 12000 | 50 55 55 35 | 80 70 70 60 | 90 80 80 70 | 2 5 5 6 | 2 5 5 6 | — — — — | 270 250 240 220 | — — — — |
| БрБ2,5 БрБ2 БрБНТ1,9 БрБНТ1,7 | Полосы Лента и проволока | Отпущенные (после закал- ки) | 13600 13300 13150 12450 | 85 79 79 68 | 110 100 100 93 | 130 125 125 118 | 2 2,5 2,5 3,5 | 2 2,5 2,5 3,5 | — — — — | 390 370 370 330 | — 25 25 25 |
| БрБ2,5 БрБ2 БрБНТ1,9 БрБНТ1,7 | Полосы Лента и проволока | Отпущенные (после закал- ки и дефор- мирования на 40%) | 13800 12500 13400 13150 | 100 98 98 89 | 130 120 118 115 | 140 135 140 135 | 1,5 2 2 3 | 1,5 2 2 3 | — — — — | 410 400 400 375 | 30 30 30 28 |

* На базе $1 \cdot 10^8$ циклов.

Испытание мембран

| Марка | Вид полуфабриката | Состояние | Число циклов до разрушения * | Упругий гистерезис % |
|----------|-------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------|
| БрБ2,5 | Полосы | Закаленные и отпущенные | 7000 | 0,9 |
| БрБ2 | | | 11000 | 0,7 |
| БрБНТ1,9 | | | 12000 | 0,6 |
| БрБНТ1,7 | | | 17000 | 0,5 |

* При давлении 100 атм.

Физические свойства

Плотность бронзы БрБ2 8250 кг/м³; бронзы БрБНТ1,7 — 8310 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура, °C | 20—300 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 17,6 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура, °C | 20 |
|---------------------|--|
| λ вт/м·град | 105 (закаленное состояние) 130 (отпущенное состояние) |

Удельное электросопротивление при 20°C

| $\rho \cdot 10^6$ ом·см | Закаленное состояние | БрБ2 | БрБНТ1,7 |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------|
| | | отпущенное состояние | |
| | 10 | 7,5 | 8 |

Удельная теплоемкость

 $c = 0,419$ кдж/кг·град.

Коррозионная стойкость

Бронзы всех указанных марок коррозионностойки в атмосферных условиях, пресной и морской воде.

Технологические данные

Бронзы обрабатываются давлением в горячем и холодном состояниях (после закалки). Температура горячей обработки 750—800°C. В процессе штамповки из ленты толщиной до 1 мм, деформированной на 40%, допускается радиус закругления для бронз БрБ2 и БрБНТ1,9 4—5 мм, для бронзы БрБ2,5 — 6—8 мм. После отпуска сплавы приобретают высокие механические и упругие свойства.

Рекомендуемая температура нагрева под закалку 780°C (в воздушной среде или в среде диссоциированного аммиака, охлаждение в воде).

Для бронз БрБ2 и БрБНТ1,9 рекомендуется отпуск при 315°C в течение 3,5 час, для бронзы БрБ2,5 — при 295°C в течение 3,5 час. Бронзы БрБНТ1,9 и БрБНТ1,7 менее чувствительны к изменению температуры при отпуске. Свойства сплавов улучшаются после деформации в закаленном состоянии и последующего отпуска.

Температура литья 1030—1060°C.

Сплавы хорошо обрабатываются резанием и паяются, при ударе не дают искры.

Применение

Особо ответственные плоские пружины, пружинящие контакты и мембраны, радиаторные трубки, сильфоны. Бронзы БрБНТ1,9 и БрБНТ1,7 рекомендуются для упругих элементов, работающих при повышенных температурах и знакопеременных нагрузках.

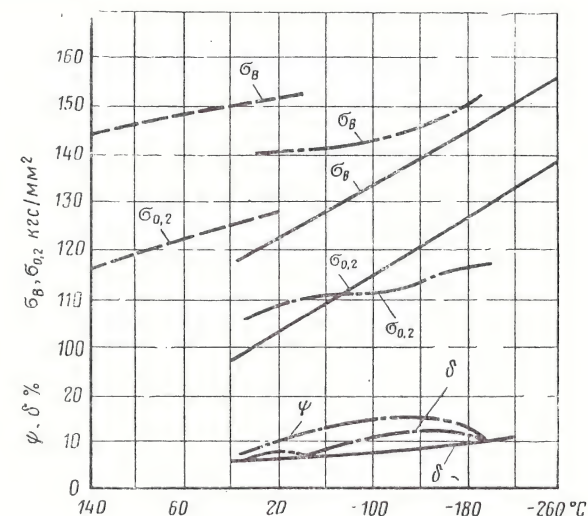


Рис. 1. Механические свойства полуфабрикатов из бронзы БрБ2 при различных температурах:

— лист толщиной 1 мм, закаленный и отпущенный; — — — проволока диаметром 3 мм, закаленная и отпущенная; — · — прутки диаметром 19 мм, закаленные, деформированные на 20% и отпущенные.

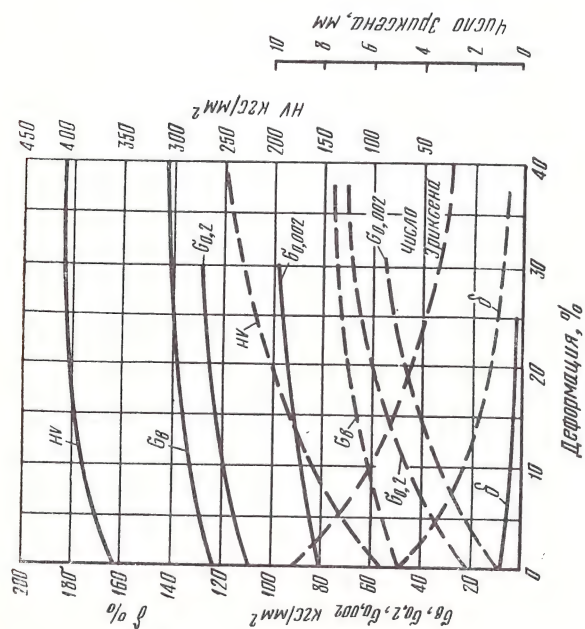


Рис. 2. Зависимость механических свойств бронзы БрБ2 от степени деформации:
— до отпуска; — — — после отпуска.

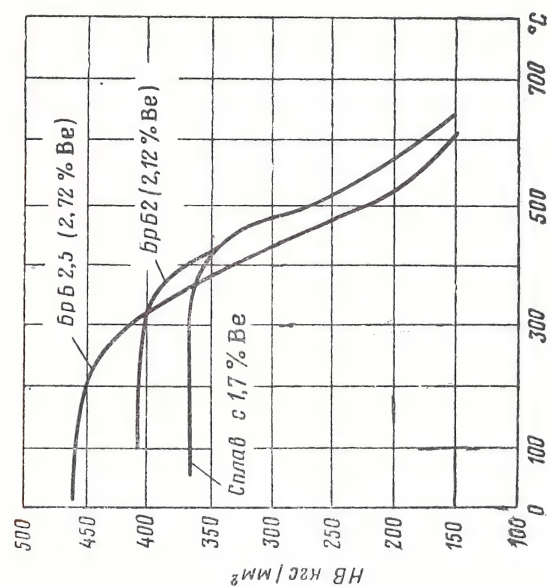


Рис. 3. Твердость бериллиевых бронз при высоких температурах.

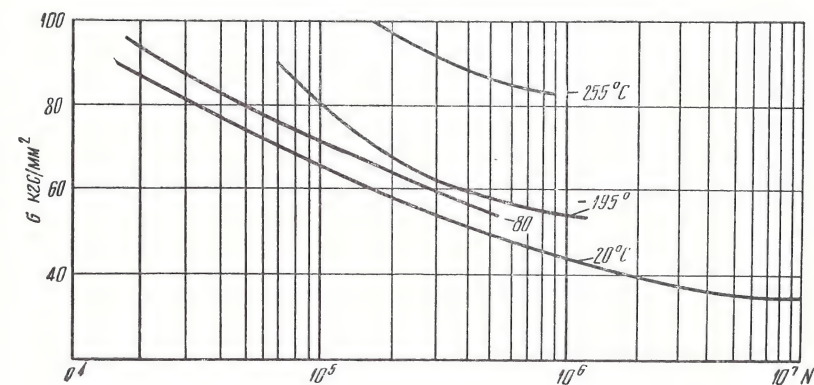


Рис. 5. Предел выносливости при изгибе закаленных и состаренных листов толщиной 0,5 мм из бериллиевых бронз при низких температурах.

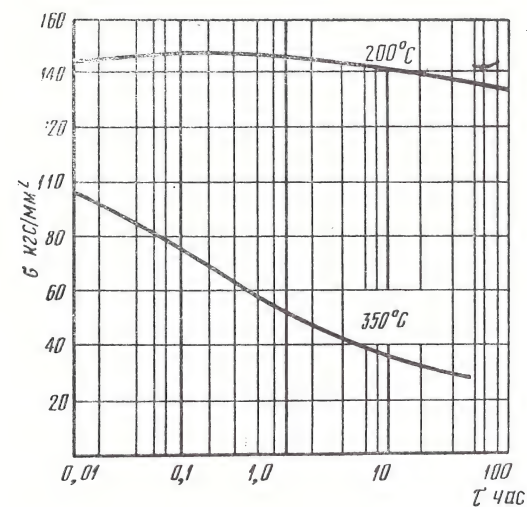


Рис. 4. Кривые длительной прочности холоднотянутой и отпущенной проволоки из бронзы БрБ2 при высоких температурах.

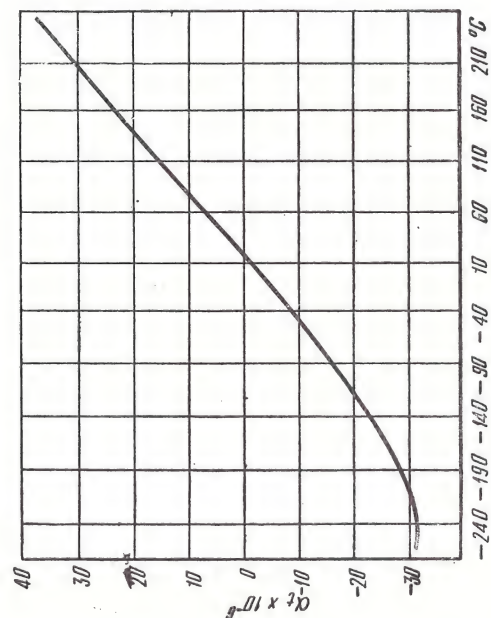


Рис. 6. Термическое расширение бериллиевой бронзы БрБ2, деформированной на 20%, при различных температурах.

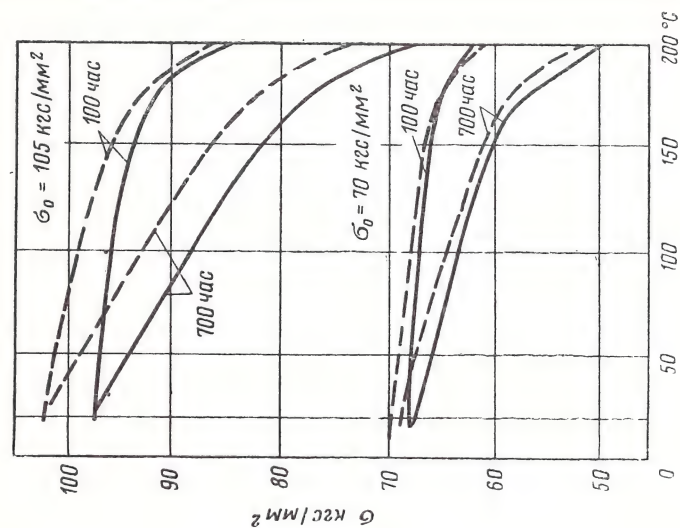


Рис. 7. Релаксация напряжений отпущенной бронзы БрБНТ1,9 за 100 и 700 час при высоких температурах:

--- деформация на 10% и отпуск;
— закалка и отпуск.

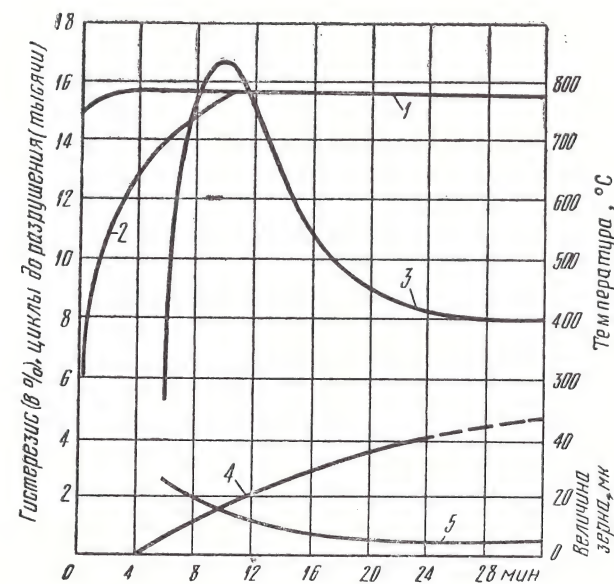


Рис. 8. Зависимость гистерезиса, циклической прочности и величины зерна мембран из бронзы БрБ2,5 от продолжительности нагрева под закалку и отпуски при 300°C в течение 1,5 час:

1 — температура печи; 2 — температура металла; 3 — циклическая прочность; 4 — величина зерна; 5 — гистерезис.

| БРОНЗА КРЕМНЕМАРГАНЦОВИСТАЯ | | | | | | | | | | | БрКМцЗ-1 |
|---|-----------------|---------------|-----------------------------------|----------------------|-----|------|------|------|-------|-------|----------------|
| Химический состав в % | | | | | | | | | | | |
| Si | Mn | Cu | Fe | Ni | Zn | Sn | P | Pb | As | Sb | Сумма примесей |
| не более | | | | | | | | | | | |
| 2,75—3,5 | 1,0—1,5 | Основа | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,25 | 0,05 | 0,03 | 0,002 | 0,002 | 1,1 |
| Механические свойства по ГОСТ или ТУ (не менее) | | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | ГОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_{10}^* % | | | | | | | |
| Полосы и лента | ГОСТ 4748—70 | Мягкие | 36 | 35 | | | | | | | |
| | | Полутвердые | 48—60 | 10 | | | | | | | |
| | | Твердые | 60—80 | 5 | | | | | | | |
| | | Особо твердые | 80 | — | | | | | | | |
| Лента | ТУ 48-21-234-72 | Полутвердая | 50 | 25 | | | | | | | |
| Прутки диаметром (мм): | ГОСТ 1628—72 | Тянутые | 50 | 10 | | | | | | | |
| | | | 48 | 15 | | | | | | | |
| | | | 40 | 15 | | | | | | | |
| | | Катаные | 40 | 15 | | | | | | | |
| | | Прессованные | 35 | 20 | | | | | | | |
| Проволока диаметром (мм): | ГОСТ 5222—72 | Твердая | 90 | — | | | | | | | |
| | | | 90 | 0,5 | | | | | | | |
| | | | 85 | 1 | | | | | | | |
| | | | 83 | 1,5 | | | | | | | |
| | | | 78 | 2 | | | | | | | |

Примечание. Полосы и лента антимагнитные выпускаются по ТУ 48-21-267-73, прутки антимагнитные — по ТУ 48-21-60-72.

* На длине 100 мм (для проволоки).

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | E | $\sigma_{0,005}$ изг. | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | $\tau_{ср}$ | HV | σ_{-1}^* кгс/мм ² |
|-------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------------|----------------|------------|------------|-------------|---------------------|--|
| | | кгс/мм ² | | | | | % | кгс/мм ² | |
| Лента | Мягкая | — | 11,5 | 18 | 42 | 60 | 30 | 105 | — |
| | Твердая (деформированная на 40%) | 11300 | 28 | 42 | 70 | 6 | 42 | 180 | 17 |
| | То же, отпущенная | 11800 | 47 | — | — | — | — | 225 | — |
| | Твердая (деформированная на 60%) | 11200 | 46 | 54 | 78 | 5 | — | 220 | — |
| | То же, отпущенная | 11800 | 55 | — | — | — | — | 245 | — |
| Проволока | Мягкая (отожженная) | 10500 | — | 15 | 42 | 50 | 30 | 100 | 12,5 |
| | Твердая (деформированная на 50%) | 12000 | — | 48 | 95 | 4 | 48 | 220 | 16 |
| | Тянутые | 11500 | — | 38 | 64 | 22 | 42 | 190 | 16 |
| Прутки | Литые | 10400 | — | 15 | 35 | 35 | — | 80 | 13 |

* На базе $1 \cdot 10^8$ циклов.

Релаксационная стойкость

| Состояние | Температура испытания °C | $\sigma_{нач}$ кгс/мм ² | Остаточное напряжение σ_R (кгс/мм ²) за время в час | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---|------|------|-------|-------|
| | | | 100 | 300 | 1000 | 10000 | 50000 |
| Твердое (деформированное на 55%) | 20 | 27,5 | 27 | — | 26,5 | 25,5 | 24,5 |
| | 100 | 40 | — | 32,5 | — | — | — |
| | 150 | 40 | — | 27,5 | — | — | — |
| | 200 | 40 | — | 18 | — | — | — |
| То же, отпущенное | 20 | 33,5 | 33,1 | — | 33 | 32,5 | 32 |
| | 100 | 40 | — | 34,5 | — | — | — |
| | 150 | 40 | — | 26 | — | — | — |
| | 200 | 40 | — | 19,5 | — | — | — |

Пределы ползучести

| Температура испытания °C | $\sigma_{0,01/1000}$ | $\sigma_{0,1/1000}$ |
|-----------------------------|----------------------|---------------------|
| | кгс/мм ² | |
| 200 | 5,6 | 10 |
| 290 | 2,5 | 4,5 |

Физические свойства

Плотность 8400 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—200 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 18 |

Коэффициент теплопроводности

$\lambda = 42$ Вт/м·град.

Удельное электросопротивление

$\rho \cdot 10^6 = 15$ ом·см.

Магнитные свойства

Сплав немагнитен.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и удовлетворительной — в морской воде.

Технологические данные

Бронза хорошо обрабатывается давлением в горячем и холодном состояниях. Температура горячей обработки 800—850, отжига — 600—700°C, для повышения свойств — 260—300°C.

Бронза удовлетворительно сваривается, хорошо паяется мягкими и твердыми припоями; при ударе не дает искры; легко обрабатывается резанием.

Применение

Пружинящие и другие детали.

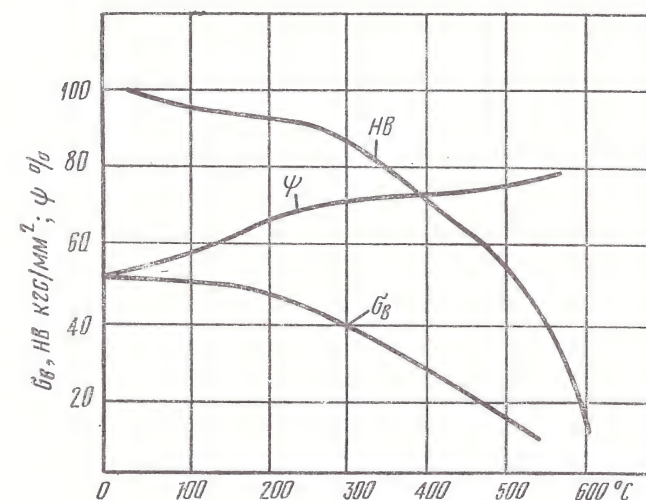


Рис. 1. Механические свойства прутков диаметром 25 мм из бронзы БрКМц3-1 при высоких температурах.

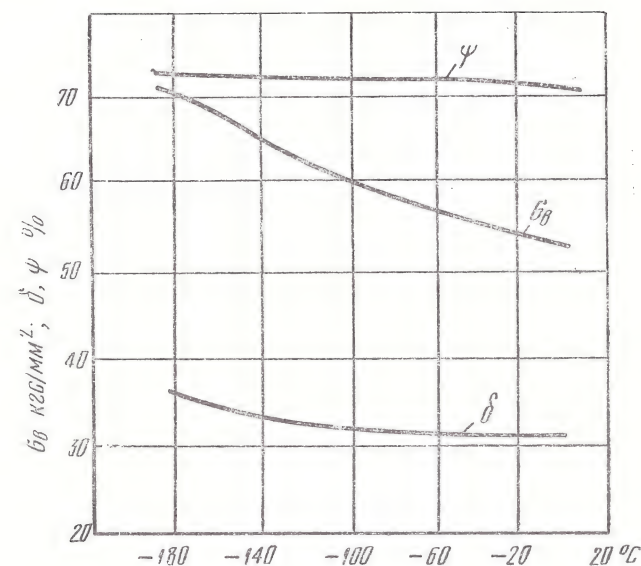


Рис. 2. Механические свойства холоднотянутых прутков диаметром 12 мм из бронзы БрКМц3-1 при низких температурах.

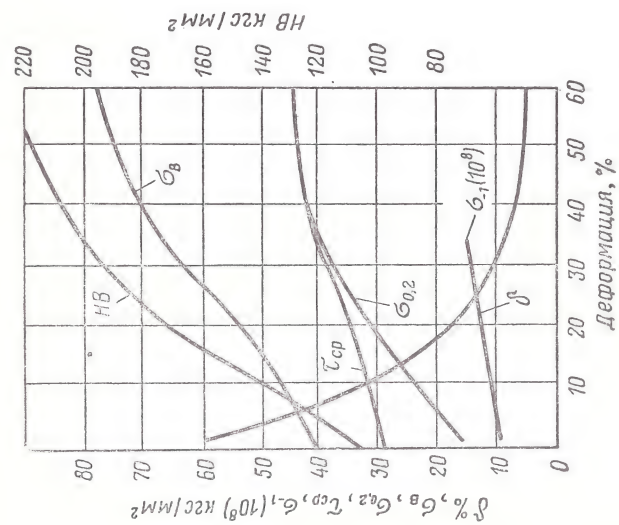


Рис. 3. Зависимость механических свойств листа толщиной 1 мм из бронзы БрКМц3-1 от степени деформации.

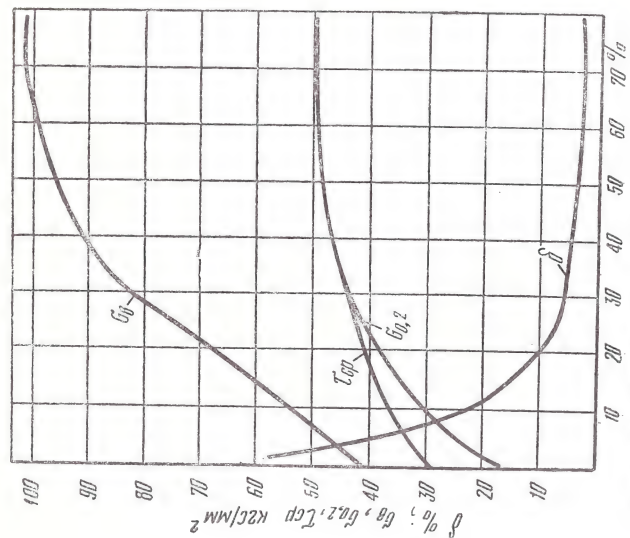


Рис. 4. Зависимость механических свойств проволоки диаметром 2 мм из бронзы БрКМц3-1 от степени деформации.

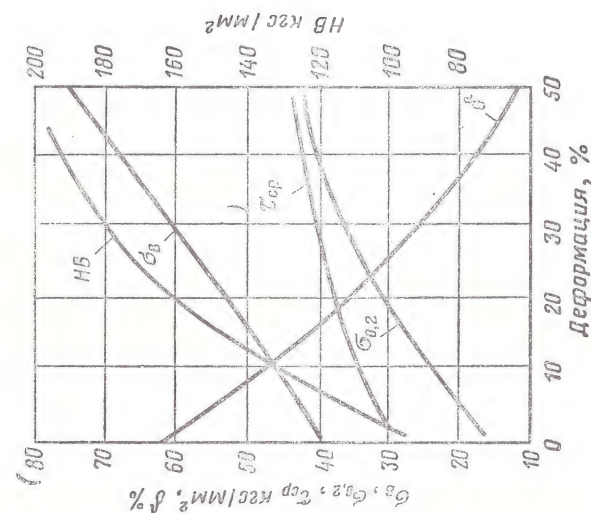


Рис. 5. Зависимость механических свойств прутков диаметром 25 мм из бронзы БрКМц3-1 от степени деформации.

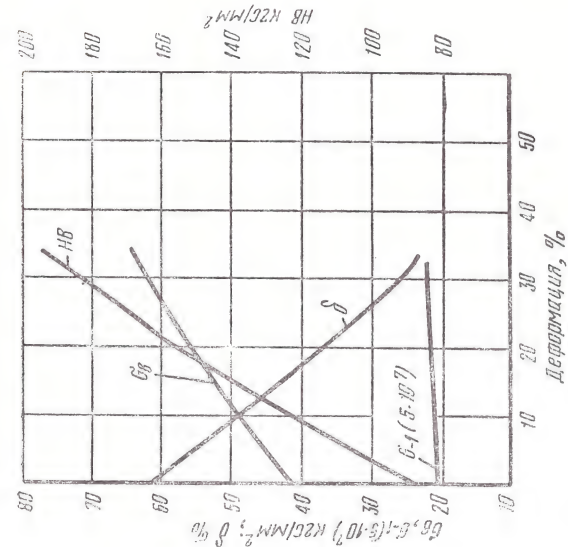


Рис. 6. Зависимость механических свойств трукта диаметром 25 мм и толщиной 1,7 мм из бронзы БрКМц3-1 от степени деформации.

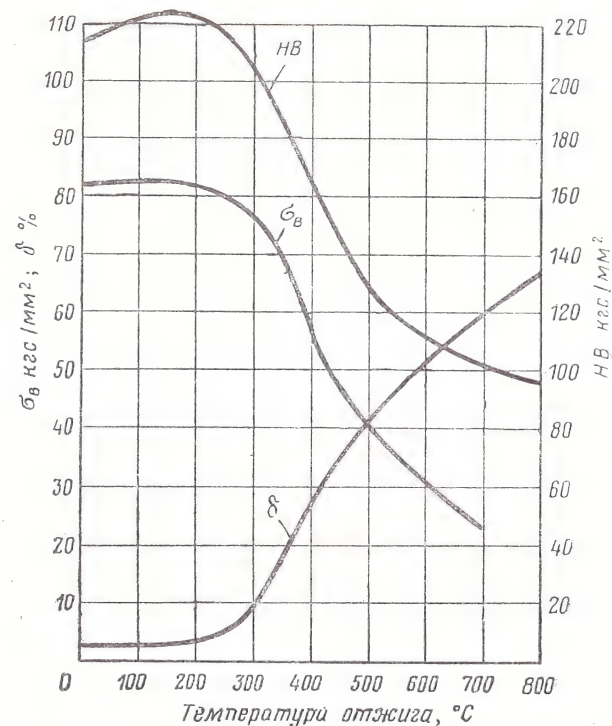


Рис. 7. Зависимость механических свойств полосы толщиной 2,5 мм, деформированной на 50%, из бронзы БрКМц3-1 от температуры отжига в течение 1 час.

КУНИАЛЬ Б

МНА6-1,5

Химический состав в %

| Ni+Co | Al | Cu | Fe | Mn | Pb | Сумма примесей |
|-----------|---------|--------|----------|------|-------|----------------|
| | | | не более | | | |
| 5,50—6,50 | 1,2—1,8 | Основа | 0,50 | 0,20 | 0,002 | 1,10 |

Механические свойства по ТУ (не менее)

| Вид полуфабриката | ТУ | Состояние | σ_b кгс/мм ² | δ % |
|-------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------|
| Лента и полосы | ЦМТУ 08-96-68 | Твердые (после отпуска) | 55 | 3 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | Состояние | $\sigma_{\text{в}}$ | $\sigma_{0,2}$ | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² | a_H кгс · м/см |
|-------------------|-------------------------|---------------------|----------------|--------------------|---------------------------|---------------------|
| | | кгс/мм ² | | | | |
| Лента | Твердая | 70 | — | 6 | 160 | — |
| Полосы | Мягкие | 40 | 8 | 30 | 100 | 12 |
| | Термически обработанные | 75 | — | 9 | 210 | — |

Физические свойства

Плотность 8700 кг/м³.

Коррозионная стойкость

Сплав обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях.

Технологические данные

Сплав дисперсионно-твердеющий. Обрабатывается давлением в горячем и холодном состояниях. Температура горячей обработки 850—900°C. Твердость и прочность повышаются после закалки с 900°C в воде и отпуска при 500°C в течение 2 час.

Рекомендуемая температура литья 1200—1250°C.

Применение

Пружины ответственного назначения, применяемые в различных отраслях промышленности.

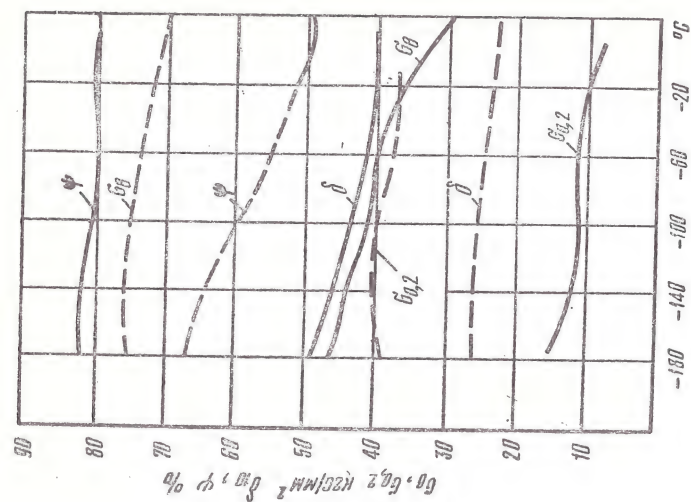


Рис. 2. Механические свойства сплава МНА6-1,5 при низких температурах: — после закалки; - - - после закалки с 500°C и отпуска при 500°C — 2 час.

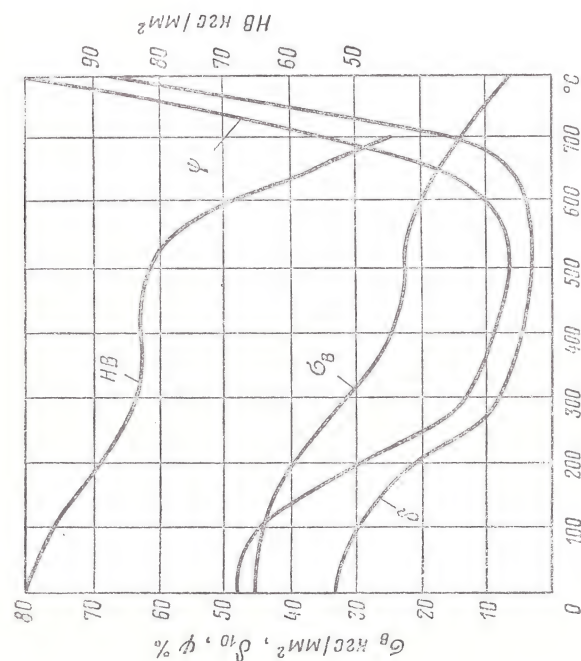


Рис. 1. Механические свойства горячекатаных полос из сплава МНА6-1,5 при высоких температурах.

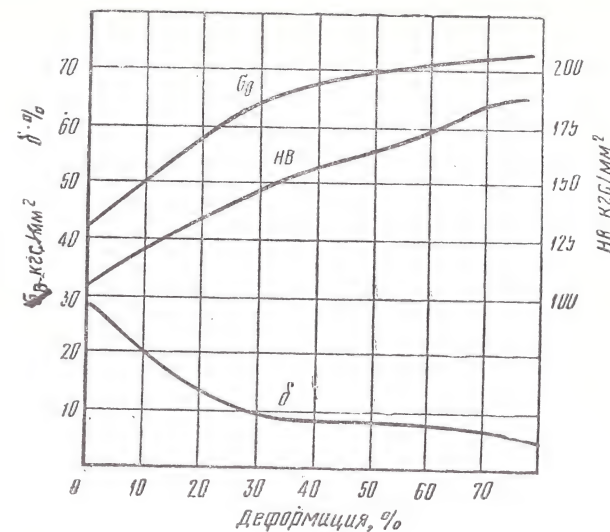


Рис. 3. Зависимость механических свойств горячекатаных полос из сплава МНА6-1,5 от степени деформации.

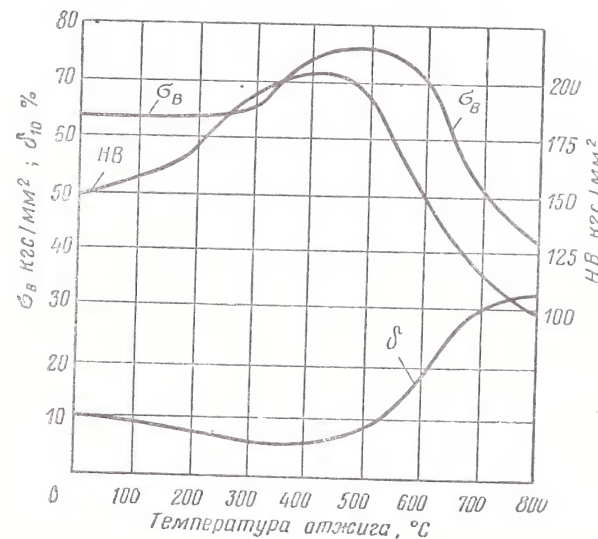


Рис. 4. Зависимость механических свойств листа толщиной 3 мм, деформированного на 40%, из сплава МНА6-1,5 от температуры отжига в течение 1 час.

БРОНЗА НИКЕЛЬАЛЮМИНИЕВОМАРГАНЦЕВАЯ

БрНАМцК6-6-2-1

Химический состав в %

| Ni | Al | Si | Mn | Cu | Pb | Bi | Sb | S | Fe | Сум- ма при- месей |
|-----------|-----|---------|---------|--------|----------|-------|-------|------|------|-----------------------------|
| | | | | | не более | | | | | |
| 5— 7,5 | 5—7 | 0,8—1,1 | 1,4—2,1 | Основа | 0,002 | 0,002 | 0,005 | 0,01 | 0,50 | 1,1 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | E | $\sigma_{0,005}$ | σ_b | δ_{10} % | HV кгс/мм ² |
|------------------------------------|---|---------------------|------------------|------------|--------------------|-----------------------------|
| | | кгс/мм ² | | | | |
| Полосы тол- щиной 0,15— 2 мм | Закаленные | — | — | 55 | 50 | 110 |
| | Закаленные и отпущенные | — | 55 | 95 | 5 | 300 |
| | Деформиро- ванные на 40% и отпущенные | 12500 | 80 | 120 | 2 | 340 |

Релаксационная стойкость при 150°C
(лента толщиной 0,3 мм)

| Состояние | σ_0 кгс/мм ² | Остаточное напряжение (σ_R) [кгс/мм ²] за время, в час | | | | | | |
|---|-----------------------------------|--|----|----|-----|-----|-----|------|
| | | 5 | 10 | 40 | 100 | 500 | 800 | 1000 |
| Деформированная на 40% и отпущен- ная | 50 | 49,5 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 |
| Деформированная на 10% и отпущен- ная | 50 | 49,5 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 |
| Закаленная и от- пущенная | 50 | 48,5 | — | — | — | — | — | 48 |

Физические свойства

Плотность 7900 кг/м³.

Удельное электросопротивление

 $\rho \cdot 10^6 = 16 \text{ ом} \cdot \text{см.}$

Коррозионная стойкость

Бронза обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях. Не склонна к сезонному растрескиванию.

Технологические данные

Бронза обрабатывается давлением в горячем и холодном состояниях до толщины 0,10 мм и получения фольги толщиной до 12 мкм.

Температура литья 1200, горячей обработки — 850—900, закалки — 900°C. Дисперсионное твердение для бронзы в закаленном и холоднокатаном состояниях при 500 и 450°C в течение 2 час соответственно. Пайка твердым припоем не вызывает затруднений; при пайке мягкими припоями поверхность подготавливают травлением сначала в щелочном растворе: 600 г/л NaOH, 200 г/л NaNO₃, 75 г/л NaNO₂ при 140°C, затем в 50%-ном растворе азотной или серной кислоты с 10 г/л NaCl и 10 г/л HCl в течение 2—3 сек.

Применение

Пружины и чувствительные элементы в приборах. Бронза БрНАМцК6-6-2 может применяться как заменитель бериллиевой бронзы, где не требуется высокоупругих свойств.

АНТИФРИКЦИОННЫЕ МЕДНЫЕ СПЛАВЫ

К лучшим антифрикционным сплавам относятся литейные, содержащие значительные количества олова, сурьмы и свинца.

Бронза БрО19 относится к числу антифрикционных сплавов с высокими пружинящими свойствами и применяется для изготовления маслоуплотнительных колец различных узлов трения.

Бронза БрОФ10-1, содержащая до 8—10% Sn и до 1% Р, обладает самыми высокими механическими свойствами из всех литейных бронз этой категории и применяется для узлов трения, работающих со смазкой при высоких удельных нагрузках.

Высокие механические свойства имеет также литейная бронза БрОСН10-2-3. Этот сплав благодаря содержанию нескольких процентов свинца более легко обрабатывается.

Бронза оловянистая БрОС10-10 с содержанием свинца от 6 до 11% обладает по сравнению с рассмотренными выше бронзами более низкими механическими свойствами, но зато более пригодна для работы на трение при менее удовлетворительной смазке. Поэтому ее применяют для изготовления подшипников, шайб, дисков и втулок различных узлов трения, работающих в средах бензина, керосина, воды и других маловязких жидкостей. Включения свинца в структуре должны быть мелкозернистыми и распределяться равномерно.

Высокими антифрикционными свойствами, обеспечивающими работу при больших скоростях скольжения (до 50 м/сек), обладает оловянносвинцовистая бронза БрОС5-25, которая хорошо прирабатывается благодаря высокому содержанию свинца. Она неприменима для узлов трения, работающих при температурах выше 150—200°C, и требует специальных условий литья, так как склонна к ликвации свинца.

Вследствие высокой стоимости олова в последние годы для изготовления неответственных деталей применяются сплавы с более низким содержанием этого элемента—бронзы типа БрОЦС6-6-3, обладающие удовлетворительными механическими и антифрикционными свойствами.

Для оловянистых бронз допускается любой вид механической обработки. Лучше обрабатываются резанием сплавы, содержащие свинец.

Для деталей трения, обладающих высокими антифрикционными свойствами, особенно при работе в среде керосина и других маловязких жидкостей (топливные насосы реактивных двигателей и др.), применяются сурьмянистые бронзы. В авиационной промышленности наиболее широко применяются сурьмянистые бронзы марок ВБ-24, ВБ-23, ВБ-23НЦ и ВБ-24Н. Сурьмянистые бронзы хорошо противостоят действию керосиновых топлив. Наиболее коррозионностойкой является бронза ВБ-24Н. Из сурьмянистых бронз изготавливаются роторы топливных

насосов и подпятники, а также подшипники в виде втулок, детали фильтров и др.

Для нагруженных подшипников коленчатых валов и других подобных деталей широко применяются и так называемые «подшипниковые» бронзы марок БрС30 и БрОС1-22. Эти бронзы, называемые свинцовистыми, характеризуются высокими антифрикционными свойствами, особенно высоким сопротивлением заеданию, но обладают невысокими механическими свойствами и поэтому применяются в виде биметалла, получаемого методом заливки слоя бронзы по стальному корпусу подшипника. Благодаря биметаллической конструкции подшипники могут работать (в условиях хорошей смазки) при высоких скоростях скольжения (10—15 м/сек), очень больших удельных нагрузках (до 300 кгс/см²) и циклических нагрузках ударного характера. Свинцовистая бронза марки БрОС1-22 с добавкой олова обладает более высоким пределом выносливости, но более низким сопротивлением заеданию, чем бронза БрС30.

Оловянистые бронзы хорошо свариваются стыковой сваркой сопротивлением и удовлетворительно — газовой.

Газовая сварка оловянистых бронз выполняется с флюсами, применяемыми для сварки меди, и с присадочной проволокой, по составу близкой к бронзе марки БрОФ6,5-0,4.

Свинцовистые бронзы плохо свариваются.

Оловянистые, оловяннофосфористые и сурьмянофосфористые бронзы удовлетворительно паяются мягкими припоями типа ПОС, ВПр6 и ВПр9 с применением активированных флюсов, а также серебряными типа ПСр40 с применением флюса № 209.

Оловянистые и сурьмянистые бронзы со свинцом удовлетворительно паяются только мягкими припоями.

Сплавы на основе олова, известные под названием баббитов, обладают исключительно высокими антифрикционными свойствами. Применяются они также в виде слоя, заливаемого по стальному корпусу подшипника. Превосходя свинцовистые бронзы по антифрикционным свойствам, оловянистые баббиты уступают им в отношении усталостной прочности.

Высокие антифрикционные свойства имеют и мягкие свинцово-индиевые и свинцовооловянистые сплавы, применяемые для покрытий, наносимых тонким слоем (толщиной 10—20 мкм) электролитическим способом на трущиеся поверхности нагруженных подшипников, втулок, подпятников и других деталей. Эти сплавы содержат 8—12% Sn или индия. Покрытия облегчают приработку подшипника и предохраняют металл от заедания в течение всего срока службы детали. В подшипниках качения для сепараторов из медных и алюминиевых сплавов они служат надежным средством повышения работоспособности деталей при трении в масле.

| | |
|--------------------------|-------|
| БРОНЗА ВЫСОКООЛОВЯНИСТАЯ | БрО19 |
|--------------------------|-------|

Химический состав в %

| Sn | Cu | Fe | Pb | Sb | Zn | P | Al | Si | Bi | Сумма примесей |
|-----------|-------------|----------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|----------------|
| | | не более | | | | | | | | |
| 18,0—19,5 | Осно- ва | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полуфабриката | ОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² |
|--|------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Отливки (литье в кокиль стационарным или центробежным методом) | ОСТ1 90054—72 | Литые | 30 | 0,5 | 160 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | <i>E</i> | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} % | <i>HV</i> кгс/мм ² | <i>a_n</i> кгс · м/см ² |
|---------------------------|---|---------------------|----------------|------------|--------------------|----------------------------------|---|
| | | кгс/мм ² | | | | | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | 9800 | 25 | 32 | 0,8 | 170 | 0,2 |
| | Отожжен- ные при 450°С в течение 2 час | — | 22 | 30 | 0,8 | 170 | 0,2 |

Физические свойства

Плотность 8600 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| | |
|----------------------------|--------|
| Температура, °C | 20—300 |
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 19,8 |

Антифрикционные свойства

Коэффициент трения*

со смазкой 0,012;
без смазки 0,2.

* Здесь и в дальнейшем приводятся значения коэффициента трения, полученные при испытании бронз в паре со сталью 30ХГСА на машине МИ-1: со смазкой маслом МС-20 при нагрузке 75 кгс/см²; в среде керосина — при нагрузке 25 кгс/см²; без смазки — при нагрузке 12,5 кгс/см².

Коррозионная стойкость

Бронза обладает хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях, пресной и морской воде.

Технологические данные

Температура литья 1100—1150°C. Для фиксации разъема замка маслоуплотнительных колец применяется отжиг при 450°C в течение 2 час. Бронза хорошо обрабатывается резанием.

Применение

Маслоуплотнительные кольца.

БРОНЗА ОЛОВЯННОФОСФОРИСТАЯ

БрОФ10-1

Химический состав в %

| Sn | P | Cu | Fe | Pb | Sb | Zn | Al | Si | Bi | Сумма примесей |
|----------|---------|-------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|----------------|
| не более | | | | | | | | | | |
| 9,0—11,0 | 0,4—1,0 | Осно- ва | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,9 |

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² |
|---------------------------------|------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Отливки: в кокиль в землю | ОСТ1 90054—72 | Литые | 25 22 | 3 3 | 90 80 |
| Отливки (точ- ное литье) | ОСТ1 90046—72 | | 25 | 10 | 90 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² | a_n кгс·м/см ² |
|---------------------------------|-----------|---------------------|----------------|------------|--------------------|---------------------------|--------------------------------|
| | | кгс/мм ² | | | | | |
| Отливки: в кокиль в землю | Литые | 10000 — | 16 14 | 30 25 | 3,5 3,5 | 120 90 | 0,9 0,6 |

Физические свойства

Плотность 8750 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—400 |
|----------------------------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 17 | 22 |

Коэффициент теплопроводности

 $\lambda = 49,0$ Вт/м·град.

Удельная теплоемкость

 $c = 0,396$ кДж/кг·град.

Антифрикционные свойства

Бронза имеет отличные антифрикционные свойства, хорошо противостоит износу.

Коэффициент трения:

со смазкой — 0,012;
без смазки — 0,2.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и пресной воде и хорошей — в морской воде.

Технологические данные

Температура литья 1150—1200°C. Линейная усадка 1,44%. Материал хорошо обрабатывается резанием.

Применение

Детали в виде втулок, работающие на трение в условиях смазки при высоких нагрузках и скоростях скольжения, а также шестерни и специальные гайки.

БРОНЗА ОЛОВЯННОСВИНЦОВОНИКЕЛЕВАЯ

БрОСН10-2-3

Химический состав в %

| Sn | Pb | Ni | Cu | Fe | Sb | Zn | P | Al | Si | Bi | Сумма примесей |
|----------|----------|---------|--------|----------|-----|-----|-----|------|------|------|----------------|
| | | | | не менее | | | | | | | |
| 9,0—11,0 | 2,0—3,25 | 3,0—4,0 | Основа | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,1 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 1,2 |

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² |
|------------------------|----------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Отливки (в кокиль) | ОСТ 1 90054—72 | Литые | 25 | 5 | 75 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² | a_n кгс · м/см ² |
|------------------------|-----------|---------------------|------------|--------------------|---------------------------|----------------------------------|
| | | кгс/мм ² | | | | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | 18 | 30 | 8 | 85 | 1 |

Физические свойства

Плотность 8600 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—300 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 18,8 |

Антифрикционные свойства

Бронза БрОСН10-2-3 имеет хорошие антифрикционные свойства.

Коэффициент трения

со смазкой — 0,015;
без смазки — 0,25.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и пресной воде и хорошей — в морской воде.

Технологические данные

Температура литья 1150—1200°C. Материал отлично обрабатывается резанием.

Применение

Детали, работающие на трение в условиях смазки при высоких нагрузках и скоростях скольжения: упорные и направляющие втулки, золотники, подпятники и др.

| | |
|-----------------------------|-----------|
| БРОНЗА ОЛОВЯННОСВИНЦОВИСТАЯ | БрОС10-10 |
|-----------------------------|-----------|

Химический состав в %

| Sn | Pb | Cu | Fe | Sb | Zn | P | Al | Si | Bi | Сумма примесей |
|----------|----------|--------|------|-----|-----|-----|------|------|------|----------------|
| не более | | | | | | | | | | |
| 8,0—10,0 | 6,0—11,0 | Основа | 0,25 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,8 |

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ОСТ | Состояние | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² |
|---------------------------|---------------|-----------|--|----------------------|---------------------------|
| Отливки (в кокиль) | ОСТ1 90054—72 | Литые | 20 | 5 | 65 |
| Отливки (точное литье) | ОСТ1 90046—72 | Литые | 20 | 10 (δ_5) | 55 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | E | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_{\text{в}}$ | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² | $a_{\text{н}}$ кгс·м/см ² |
|------------------------|-----------|---------------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------------|---|
| | | кгс/мм ² | | | | | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | 8000 | 15 | 25 | 6 | 75 | 0,9 |

Физические свойства

Плотность 9100 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—300 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 19,2 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 20 | 100 | 200 |
|---------------------|------|------|------|
| λ Вт/м·град | 45,2 | 50,2 | 56,5 |

Удельное электросопротивление

| Температура °C | 20 | 100 | 200 |
|-------------------------|------|------|------|
| $\rho \cdot 10^6$ Ом·см | 17,0 | 18,0 | 19,5 |

Антифрикционные свойства

Бронза обладает отличными антифрикционными свойствами, легко прирабатывается, не склонна к заеданию и хорошо противостоит износу.

Коэффициент трения:

со смазкой 0,010;
без смазки 0,18.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и в пресной воде.

Технологические данные

Температура литья 1100—1150°C. Линейная усадка 1,37%. Материал отлично обрабатывается резанием.

Применение

Детали, работающие на трение в условиях смазки при средних нагрузках и высоких скоростях скольжения: втулки, золотники, подпятники, а также детали водяных и топливных насосов.

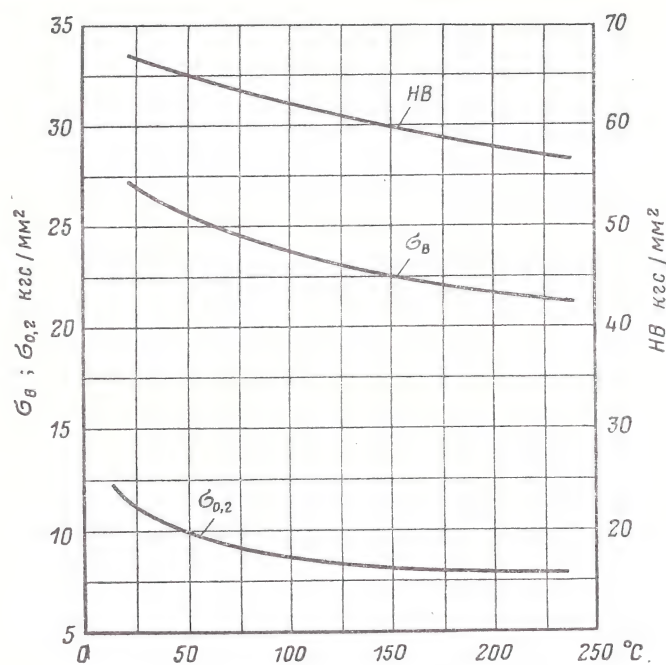


Рис. 1. Механические свойства бронзы БрОС10-10 при высоких температурах.

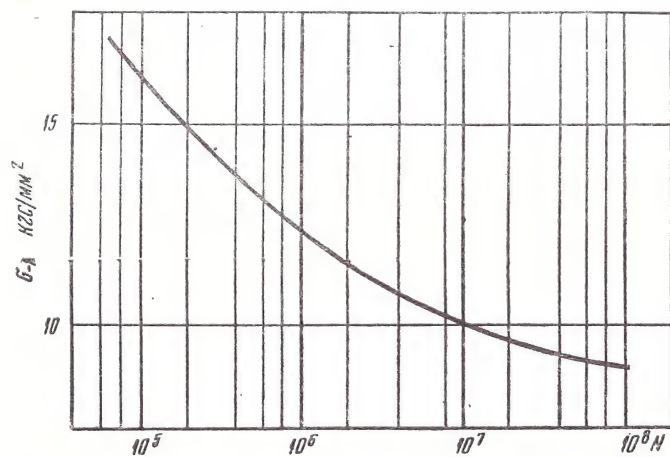


Рис. 2. Кривая выносливости при изгибе бронзы БрОС10-10.

БРОНЗА ОЛОВЯННОСВИНЦОВИСТАЯ

БрОС5-25

Химический состав в %

| Sn | Pb | Cu | Fe | Sb | Zn | P | Al | Si | Bi | Ni | Сумма примесей |
|----------|-----------|--------|------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|----------------|
| 4,0—6,0 | 23,0—27,0 | Основа | 0,25 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 2,0 | 0,75 * |
| не более | | | | | | | | | | | |

* Без никеля.

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ОСТ | Состояние | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм² | δ_{10} % | HB кгс/мм² |
|------------------------|---------------|-----------|--------------------------------|--------------------|---------------|
| Отливки (в кокиль) | ОСТ1 90054—72 | Литые | 14 | 6 | 50 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состоя- ние | E | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_{\text{в}}$ | δ_{10} % | $\sigma_{\text{в сж}}$ | HB | $a_{\text{н}}$ кгс · м/см² |
|------------------------|----------------|---------|----------------|---------------------|--------------------|------------------------|---------|-------------------------------|
| | | кгс/мм² | | | | | кгс/мм² | 0,9 |
| Отливки (в кокиль) | Литые | 7500 | 10 | 15 | 9 | 40 | 55 | |

Физические свойства

Плотность 9200 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—300 |
|----------------------------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 18,0 | 19,3 |

Коэффициент теплопроводности

 $\lambda = 59,0$ Вт/м·град.

Антифрикционные свойства

Бронза обладает отличными антифрикционными свойствами, легко прирабатывается и не склонна к заеданию.

Коэффициент трения:

со смазкой — 0,008;
без смазки — 0,15.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и в пресной воде.

Технологические данные

Температура литья 1050—1100°C. Линейная усадка 1,5%. Жидкотекучесть, выраженная длиной спирали металла, залитого в земляную форму при 1070°C, составляет 40 см. Материал отлично обрабатывается резанием.

Применение

Детали, работающие на трение в условиях смазки при средних и высоких скоростях скольжения: втулки, золотники, подпятники, а также детали водяных и топливных насосов.

БРОНЗА ОЛОВЯННОСВИНЦОВИСТАЯ

БрОЦС6-6-3

Химический состав в %

| Sn | Zn | Pb | Cu | Fe | Sb | P | Al | Si | Bi | Сумма примесей |
|----------|---------|---------|-------------|-----|-----|------|------|------|------|----------------|
| не более | | | | | | | | | | |
| 5,0—7,0 | 5,0—7,0 | 2,0—4,0 | Осно- ва | 0,4 | 0,5 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 1,3 |

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² |
|---------------------------|---------------|-----------|-----------------------------------|----------------------|---------------------------|
| Отливки (в кокиль) | ОСТ1 90054—72 | Литые | 18 | 4 | 60 |
| Отливки (точное литье) | ОСТ1 90046—72 | » | 18 | 10 (δ_5) | 60 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состояние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² | a_H кгс·м/см ² |
|------------------------|-----------|---------------------|----------------|------------|--------------------|---------------------------|--------------------------------|
| | | кгс/мм ² | | | | | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | 9000 | 8 | 20 | 8 | 65 | 2,0 |

Физические свойства

Плотность 8820 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—300 |
|----------------------------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 17,1 | 18,2 |

Коэффициент теплопроводности

 $\lambda = 63,0$ Вт/м·град.

Антифрикционные свойства

Бронза обладает удовлетворительными антифрикционными свойствами.

Коэффициент трения

со смазкой 0,015;
без смазки 0,25.

Коррозионная стойкость

Материал обладает хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и в пресной воде

Технологические данные

Температура литья 1150—1200°C. Линейная усадка 1,6%. Жидкотекучесть, выраженная длиной спирали металла, залитого в земляную форму при 1200°C, составляет 40 см. Материал отлично обрабатывается резанием.

Применение

Детали трения, работающие в условиях смазки при средних нагрузках и скоростях скольжения; втулки и арматура агрегатов.

БРОНЗА СУРЬМЯНОСВИНЦОВИСТАЯ

ВБ-23 (BrCuSb6-12-0,3)

Химический состав в %

| Sb | Pb | P | Cu | Fe | Sn |
|----------|-----------|---------|--------|-----|-----|
| не более | | | | | |
| 4,5—6,0 | 10,0—14,0 | 0,1—0,3 | Основа | 0,3 | 0,5 |

Продолжение

| Ni | Zn | As | Al | Si | Bi | Сумма примесей |
|----------|-----|-----|------|------|-------|----------------|
| не более | | | | | | |
| 0,5 | 0,3 | 0,1 | 0,02 | 0,02 | 0,025 | 1,2 |

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_5 % | НВ кгс/мм ² |
|------------------------|---------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Отливки (в кокиль) | ОСТ1 90054—72 | Литые | 15 | 2 | 60 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабри- ката | Состоя- ние | <i>E</i> | <i>G</i> | μ | $\sigma_{пц}$ | $\sigma_{0,2}$ | σ_v | δ_{10} | ψ | $\sigma_{0,2сж}$ | <i>HV</i> | a_n кгс·м/см ² | σ_{-1}^* кгс/мм ² |
|------------------------------|----------------|---------------------|----------|-------|---------------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------|-----------|--------------------------------|--|
| | | кгс/мм ² | | | кгс/мм ² | | | % | | кгс/мм ² | | | |
| Отлив- ки (в ко- киль) | Литые | 7800 | 2800 | 0,39 | 4 | 10 | 18 | 3 | 5 | 9 | 70 | 0,3 | 8 |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов.

Механические свойства при повышенных температурах

| Вид полу- фабриката | Состояние | Температура испытания °C | σ_b кгс/мм ² | δ_5 % | НВ кгс/мм ² |
|-------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Отливки (в ко- киль) | Литые | 20 | 18 | 3,5 | 62 |
| | | 100 | 17 | 3,0 | 58 |
| | | 150 | 17 | 3,5 | 54 |

Механические свойства при низких температурах

| Вид полу- фабриката | Состояние | Температура испытания °C | σ_b кгс/мм ² | δ_5 % |
|-------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Отливки (в ко- киль) | Литые | 20 | 18 | 3,5 |
| | | -40 | 19 | 3,5 |
| | | -70 | 20 | 3 |

Физические свойства

Плотность 8900 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—200 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 17,8 |

Коэффициент теплопроводности

$\lambda = 44,0$ вт/м · град.

Антифрикционные свойства

Бронза обладает отличными антифрикционными свойствами, легко прирабатывается, не склонна к заеданию и хорошо противостоит износу.

Коэффициент трения

со смазкой — 0,010;
в среде керосина — 0,13;
без смазки — 0,18.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью в атмосферных условиях.

Технологические данные

Температура литья 1100—1140°C. Линейная усадка 1,2%. Жидкотекучесть, выраженная длиной спирали металла, залитого в земляную форму при 1120—1140°C, составляет 40—44 см.

Материал отлично обрабатывается резанием.

Применение

Детали, работающие на трение в условиях смазки при высоких скоростях скольжения: подшипники в виде втулок, подпятники, а также золотники и втулки агрегатов топливной аппаратуры.

БРОНЗА СУРЬМЯНОСВИНЦОВИСТАЯ

ВБ-23НЦ
(БрCuНЦСФЗ-3-20-0,2)

Химический состав в %

| Sb | Pb | Ni | Zn | P | Cu |
|---------|-----------|---------|---------|-----------|--------|
| 3,0—4,0 | 18,0—22,0 | 3,0—4,0 | 3,0—4,0 | 0,15—0,30 | Основа |

Продолжение

| Fe | Al | Si | Bi | As | Sn | Сумма примесей |
|----------|------|------|-------|-----|-----|----------------|
| не более | | | | | | |
| 0,3 | 0,02 | 0,02 | 0,025 | 0,1 | 0,5 | 0,9 |

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_5 % | НВ кгс/мм ² |
|------------------------|---------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Отливки (в кокиль) | ОСТ1 90054—72 | Литые | 16 | 2 | 65 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состоя- ние | E | $\sigma_{лц}$ | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | НВ | $\sigma_{0,2 сж}$ | a_H | σ_{-1}^* |
|------------------------------|----------------|---------------------|---------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------|-----------------------|-------|-----------------|
| | | кгс/мм ² | | | % | | | кгс/мм ² | кгс·м/см ² | | |
| Отлив- ки (в ко- киль) | Литые | 7500 | 4 | 11 | 17 | 4 | 5 | 70 | 10 | 0,3 | 8 |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов.

Механические свойства при повышенных температурах

| Вид полу- фабриката | Состояние | Температура испытания °C | σ_B кгс/мм ² | δ_5 % | НВ кгс/мм ² |
|------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Отливки (в кокиль) | Литые | 100 | 18 | 5 | 72 |
| | | 200 | 18 | 5 | 70 |
| | | 250 | 17 | 4 | 64 |
| | | 300 | 15 | 3 | 54 |

Механические свойства при низких температурах

| Вид полу- фабриката | Состояние | Температура испытания °C | σ_B кгс/мм ² | δ_5 | ψ |
|------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|------------|--------|
| | | | | % | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | —40 | 21 | 6 | 6 |
| | | —70 | 22 | 5 | 6 |

Физические свойства

Плотность 9150 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | —50 ÷ +20 | 20—100 | 100—200 | 20—300 |
|----------------------------|-----------|--------|---------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 15,9 | 17,4 | 18,2 | 17,5 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 100 | 200 | 300 | 400 |
|---------------------|------|------|------|------|
| λ Вт/м·град | 54,0 | 63,0 | 71,0 | 80,0 |

Антифрикционные свойства

Бронза обладает отличными антифрикционными свойствами, легко прирабатывается, не склонна к заеданию и хорошо противостоит износу.

Коэффициент трения

со смазкой — 0,008;
в среде керосина — 0,11;
без смазки — 0,15.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью в атмосферных условиях.

Технологические данные

Температура литья 1000—1040°C. Линейная усадка 1,2—1,3%. Жидкотекучесть, выраженная длиной спирали металла, залитого в земляную форму при 1000—1030°C, составляет 30 см. Материал отлично обрабатывается резанием.

Применение

Детали, работающие на трение при температурах до 250°C в условиях высоких нагрузок и скоростей скольжения в среде керосиновых топлив и масел, в частности — детали трения агрегатов топливной аппаратуры: золотники, роторы, подпятники.

Для деталей, работающих на трение при температурах до 300°C, рекомендуется применять сурьмяноспинцовистую бронзу типа ВБр2 с повышенным содержанием сурьмы (3,4—4,5%), никеля (4,5—6,0%) и фосфора (0,25—0,40%), имеющую более высокое сопротивление пластической деформации и повышенную износостойкость.

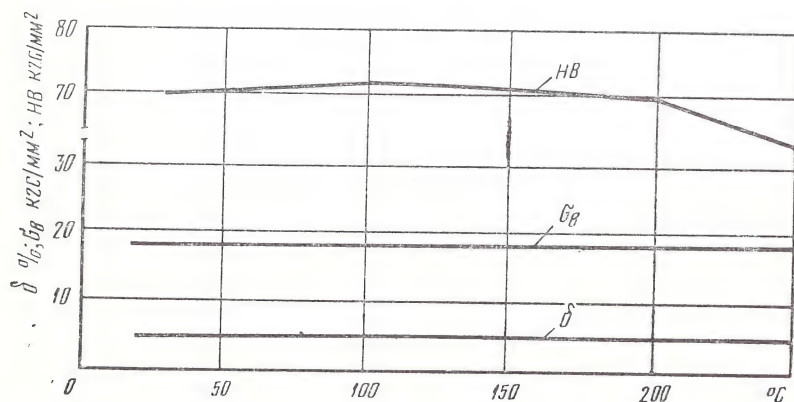


Рис. 1. Механические свойства бронзы ВБ-23НЦ при высоких температурах.

БРОНЗА СУРЬМЯНОФОСФОРИСТАЯ

ВБ-24 (БрСуФ6-1)

Химический состав в %

| Sb | P | Cu | Fe | Pb | Zn | Sn | Ni | As | Al | Si | Bi | Сумма примесей |
|----------|---------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-------|----------------|
| не более | | | | | | | | | | | | |
| 4,7—6,2 | 0,4—0,9 | Основа | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,1 | 0,02 | 0,02 | 0,025 | 1,2 |

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полуфабриката | ОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм² | δ_5 % | НВ кгс/мм² |
|--------------------|----------------|-----------|-----------------------|-----------------|---------------|
| Отливки (в кокиль) | ОСТ 1 90054—72 | Литые | 22 | 5 | 80 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состоя- ние | <i>E</i> | <i>G</i> | μ | $\sigma_{\text{пл}}$ | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_{\text{в}}$ | δ_5 | ψ |
|------------------------|----------------|----------------------------|----------|-------|----------------------------|----------------|---------------------|------------|--------|
| | | <i>кгс/мм</i> ² | | | <i>кгс/мм</i> ² | | | % | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | 9500 | 3600 | 0,32 | 5 | 10 | 26 | 8 | 10 |

Продолжение

| Вид полуфабриката | Состояние | $\sigma_{0,2} сж$ кгс/мм² | Δ % | $\tau_{ср}$ | НВ | a_H кгс · м/см² | σ_{-1}^* кгс/мм² |
|--------------------|-----------|------------------------------|---------------|-------------|----|----------------------|----------------------------|
| | | кгс/мм² | | кгс/мм² | | | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | 10 | 60 | 22 | 90 | 0,6 | 11 |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов.

Механические свойства при повышенных температурах

| Вид полуфабриката | Состояние | Температура испытания °C | σ_B кгс/мм² | δ_5 % | НВ кгс/мм² |
|--------------------|-----------|-----------------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| Отливки (в кокиль) | Литые | 20 | 29 | 11 | 88 |
| | | 90 | 29 | 12 | 86 |
| | | 140 | 29 | 13 | 84 |

Механические свойства при низких температурах

| Вид полу- фабриката | Состояние | Температура испытания °C | σ_B кгс/мм ² | δ_5 | ψ |
|------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|------------|--------|
| | | | | % | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | 20 | 29 | 11 | 10 |
| | | -40 | 29 | 9 | 8 |
| | | -70 | 29 | 7 | 7 |

Физические свойства

Плотность 8500 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—200 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 17,2 |

Коэффициент теплопроводности

 $\lambda = 46,0$ Вт/м·град.

Антифрикционные свойства

Бронза имеет хорошие антифрикционные свойства, легко прирабатывается и хорошо противостоит износу.

Коэффициент трения:

со смазкой — 0,012;
в среде керосина — 0,13;
без смазки — 0,20

Коррозионная стойкость

Бронза обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и в керосине.

Технологические данные

Температура литья 1100—1140°C. Линейная усадка 1,2—1,3%. Жидкотекучесть, выраженная длиной спирали металла, залитого в земляную форму при 1120—1140°C, составляет 30—40 см. Материал хорошо обрабатывается резанием.

Применение

Детали, работающие на трение в условиях смазки: подшипники в виде втулок, подпятники, а также роторы и золотники агрегатов топливной аппаратуры.

БРОНЗА СУРЬМЯНИКЕЛЕВАЯ

ВВ-24Н (BrCuH6-2)

Химический состав в %

| Sb | Ni | Zn | Cu | Fe | Pb |
|----------|---------|---------|--------|-----|-----|
| не более | | | | | |
| 5,2—6,3 | 2,0—3,0 | 0,4—1,0 | Основа | 0,3 | 0,5 |

Продолжение

| Sn | P | As | Al | Si | Bi | Сумма примесей |
|----------|-----|-----|------|------|-------|-------------------|
| не более | | | | | | |
| 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,02 | 0,02 | 0,025 | 1,3 |

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_5 % | НВ кгс/мм ² |
|------------------------|---------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Отливки (в кокиль) | ОСТ1 90054—72 | Литые | 26 | 6 | 82 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Вид полу- фабриката | Состоя- ние | E | $\sigma_{пц}$ | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 | ψ |
|-------------------------|----------------|---------------------|---------------|----------------|------------|------------|--------|
| | | кгс/мм ² | | | | % | |
| Отливки (в ко- киль) | Литые | 10500 | 7 | 12 | 28 | 7 | 9 |

Продолжение

| Вид полу- фабриката | Состоя- ние | $\sigma_{0,2}$ сж кгс/мм ² | Δ % | $\tau_{ср}$ | НВ | a_H кгс·м/см ² | σ_{-1}^* кгс/мм ² |
|------------------------|----------------|--|---------------|-------------|----|--------------------------------|--|
| | | кгс/мм ² | | | | | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | 12 | 50 | 24 | 90 | 0,4 | 11 |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов.

Механические свойства при повышенных температурах

| Вид полу- фабриката | Состояние | Температура испытания °C | σ_b кгс/мм ² | δ_5 % | НВ кгс/мм ² |
|------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Отливки (в кокиль) | Литые | 20 | 33 | 8 | 100 |
| | | 90 | 33 | 8 | 93 |
| | | 140 | 32 | 10 | 89 |

Механические свойства при низких температурах

| Вид полуфабриката | Состояние | Температура испытания °C | σ_b кгс/мм ² | δ_5 % |
|--------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Отливки (в кокиль) | Литые | 20 | 33 | 8 |
| | | -40 | 32 | 8 |
| | | -70 | 33 | 7 |

Физические свойства

Плотность 8700 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | |
|-------------------|--------|
| | 20—200 |

 $\alpha \cdot 10^6$ 1/град

16,8

Коэффициент теплопроводности

 $\lambda=63,0$ Вт/м·град.

Антифрикционные свойства

Бронза имеет хорошие антифрикционные свойства и хорошо противостоит износу.

Коэффициент трения:

со смазкой — 0,015;
в среде керосина — 0,15;
без смазки — 0,20.

Коррозионная стойкость

Бронза обладает хорошей коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Температура литья 1140—1160°C. Линейная усадка 1,2—1,3%. Жидкотекучесть, выраженная длиной спирали металла, залитого в земляную форму при 1140—1160°C, составляет 30—35 см. Удовлетворительно обрабатывается резанием.

Применение

Детали трения агрегатов топливной аппаратуры: втулки, подпятники, золотники, роторы, работающие в топливе из сернистой нефти.

БРОНЗЫ ОЛОВЯННОСВИНЦОВИСТАЯ И
СВИНЦОВИСТАЯ

БрОС1-22; БрС20

Химический состав в %

| Марка сплава | Sn | Pb | P | Cu | Fe | Sb | Ni |
|-----------------|---------|-----------|-----------|--------|----------|-----|-----|
| | | | | | не более | | |
| БрОС1-22 | 1,0—2,0 | 20,0—24,0 | 0,03—0,08 | Основа | 0,25 | 0,3 | 0,5 |
| БрС30 | — | 27,0—31,0 | 0,03—0,08 | Основа | 0,25 | 0,3 | 0,5 |

Продолжение

| Марка сплава | Zn | As | Sn | Al | Si | Bi | Сумма примесей |
|-----------------|----------|-----|-----|------|------|-------|-------------------|
| | не более | | | | | | |
| БрОС1-22 | 0,1 | 0,1 | — | 0,01 | 0,02 | 0,015 | 0,6* |
| БрС30 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,01 | 0,02 | 0,015 | 0,8** |

* Без никеля.

** Без никеля и олова.

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Марка сплава | Вид полу- фабриката | ОСТ | Состояние | σ_b кгс/мм ² | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² |
|-----------------|------------------------|------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| БрОС1-22 | Отливки (в кокиль) | ОСТ1 90054—72 | Литые | 10 | 6 | 35 |
| БрС30 | | | | 6 | 4 | 25 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Марка сплава | Вид полу- фабриката | Состояние | $\sigma_{0,2}$ | σ_b | S_k | δ_{10} | ψ |
|-----------------|------------------------|-----------|---------------------|------------|-------|---------------|--------|
| | | | кгс/мм ² | | | % | |
| БрОС1-22 | Отливки (в кокиль) | Литые | 5 | 12 | 13 | 10 | 10 |
| БрС30 | | | 3,5 | 8,5 | 9,5 | 9 | 9 |

| Продолжение | | | | | | | | |
|--------------|------------------------|----------------|---------------------|----------|------|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| Марка сплава | Вид полу- фабриката | Состоя- ние | $\sigma_{0,2}$ сж | τ_v | HV | a_n кгс·м/см ² | σ_{-1}^* , кгс/мм ² | |
| | | | кгс/мм ² | | | | образец гладкий | образец с надре- зом $\alpha_K=2,2$ |
| | | | | | | | | |
| БрОС1-22 | Отливки (в кокиль) | Литые | 35 | 10 | 40 | 0,6 | 5,5 | 4,2 |
| БрС30 | | | 21 | 6 | 30 | 0,4 | 3 | 2,2 |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов.

Физические свойства

| Марка сплава | БрОС1-22 | БрС30 |
|------------------------------|----------|-------|
| Плотность, кг/м ³ | 9200 | 9400 |

Коэффициент термического линейного расширения

| | | |
|----------------------------|--------|--------|
| Температура °C | 20—250 | 20—250 |
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 18,6 | 18,4 |

Коэффициент теплопроводности

| | | |
|---------------------|----------|-------|
| Марка сплава | БрОС1-22 | БрС30 |
| λ Вт/м·град | 130 | 142 |

Антифрикционные свойства

В биметаллических конструкциях бронзы БрОС1-22 и БрС30 обладают отличными антифрикционными свойствами, выдерживают большие нагрузки, легко прирабатываются и не склонны к заеданию.

Коэффициент трения:

со смазкой — 0,008;
без смазки — 0,16.

Коррозионная стойкость

Бронзы обладают хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и в пресной воде.

Технологические данные

Температура литья 1050—1070°C. Бронзы отлично обрабатываются резанием.

Применение

Для заливки по стали вкладышей подшипников.

| БАББИТЫ ОЛОВЯНИСТЫЕ | | | | Б87; Б92 | | | | | |
|-----------------------|---------|----------|--------|----------|------|-----|-----|------|----------------|
| Химический состав в % | | | | | | | | | |
| Марка сплава | Cu | Sb | Sn | Fe | Pb | Ni | As | Bi | Сумма примесей |
| | | | | не более | | | | | |
| Б87 | 2,0—4,0 | 9,0—11,0 | Основа | 0,1 | 0,35 | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,55 * |
| Б92 | 3,5—5,0 | 3,5—5,0 | Основа | 0,1 | 0,35 | 0,5 | 0,1 | 0,05 | 0,55 * |

* Без никеля.

| Механические свойства при комнатной температуре | | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------|---------------------|----------------|------------|-------|---------------|--------|
| Марка сплава | Вид полу- фабриката | Состоя- ние | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | S_k | δ_{10} | ψ |
| | | | кгс/мм ² | | | | % | |
| Б87 | Отливки (в кокиль) | Литые | — | — | 10 | — | 6 | — |
| Б92 | | | 5000 | 3,5 | 6 | 7 | 12 | 25 |

Продолжение

| Марка сплава | Вид полу- фабриката | Состоя- ние | $\sigma_{0,2}$ сж | $\sigma_{всж}$ | Δ % | τ_B | HB | a_H | σ_{-1}^* |
|--------------|------------------------|----------------|---------------------|----------------|------------|---------------------|----|-------------------------|---------------------|
| | | | кгс/мм ² | | | кгс/мм ² | | кгс · м/см ² | кгс/мм ² |
| Б87 | Отливки (в кокиль) | Литые | — | 25 | — | — | 30 | — | — |
| Б92 | | | 3 | 17 | 40 | 3,5 | 20 | 1 ** | 2 |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов.

** Образцы без надреза.

Физические свойства

Плотность 7300 кг/м³ (Б87); 7340 кг/м³ (Б92).

| Коэффициент термического линейного расширения баббита Б92 | |
|---|--------|
| Температура °C | 20—150 |
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 23,2 |

Коэффициент теплопроводности баббита Б92
 $\lambda = 38,5$ вт/м · град.

Антифрикционные свойства

Баббиты Б87 и Б92, применяемые в биметаллических конструкциях, обладают отличными антифрикционными свойствами, выдерживают большие нагрузки, легко прирабатываются и не склонны к заеданию.
 Коэффициент трения со смазкой 0,008.

Технологические данные

Температура литья 400—450°C. Баббиты отлично обрабатываются резанием.

Применение

Для заливки по стали вкладышей подшипников

СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ТРЕНИЯ

В последние годы возникла необходимость в разработке материалов, обеспечивающих надежную работу узлов трения при высоких температурах и в специальных средах, работу ряда прецизионных пар топливной аппаратуры и других деталей.

Для шарикорезьбовых пар и других деталей, нагреваемых до 600°C, разработаны высокопрочные и износостойкие при высоких температурах сплавы на никелевой основе — В56, ВЖЛ1, ВЖЛ2 и при более высоких температурах — сплав ВЖЛ15.

В структуре сплавов В56, ВЖЛ1 и др. присутствуют упрочняющие интерметаллидные соединения, повышающие износостойкость материала при высоких температурах. Наибольшей жаропрочностью обладают сплавы ВЖЛ2 и ВЖЛ15, рекомендуемые для применения в шарикорезьбовых парах и других деталях. Введение кремния в сплавы В56 и ВЖЛ1, близкие по составу к жаропрочным, является их основным отличием и обеспечивает им свойства, необходимые для работы на трение.

Для сепараторов подшипников и других деталей, работающих в условиях высоких температур (до 500°C), разработана износостойкая бронза ВБр3, представляющая собой сложнoleгированный жаропрочный медный сплав типа куниаля А с повышенным содержанием никеля (16—18%) и алюминия (3—3,5%) и с присутствием хрома (0,8—1,3%), железа (1,2—1,6%), кремния (0,6—1,0%) и др.

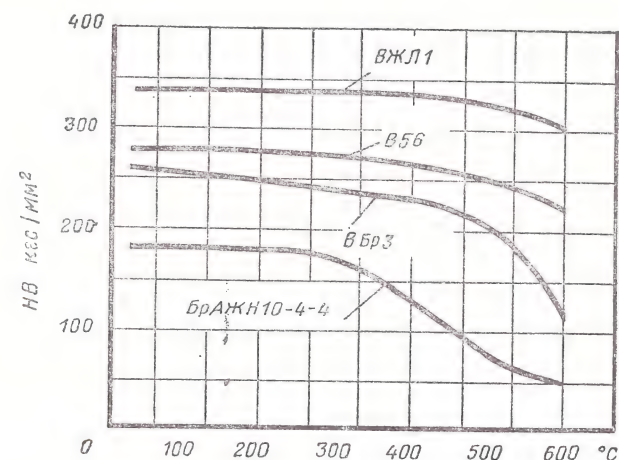
Бронза ВБр3 отличается более высокими, чем сплавы на никелевой основе, антифрикционными свойствами. При комнатной температуре она имеет высокие значения прочности и твердости ($\sigma_b = 65 \text{ кгс/мм}^2$, $HV 260 \text{ кгс/мм}^2$); при 500°C $\sigma_b = 33 \text{ кгс/мм}^2$ и $HV 220 \text{ кгс/мм}^2$ (см. рисунок). Бронза ВБр3 обладает невысокой пластичностью и применяется в литом состоянии.

Рекомендуемая для работы в узлах трения при высоких температурах до 300°C бронза ВБр5 легко обрабатывается давлением, после чего приобретает наряду с высокой прочностью и высокую пластичность. Присутствие в ее структуре фосфидов обеспечивает высокую износостойкость и сопротивление схватыванию.

Для работы при небольших нагрузках и температурах деталей золотниковых пар прецизионной топливной аппаратуры, от которых требуется стабильность работы, исключая возможность схватывания, и практическое отсутствие износа, разработан медноникелевый сплав, легированный кремнием, так называемый кремнистый монель.

Кремнистый монель является дисперсионно-твердеющим сплавом. Его твердость при комнатной температуре в термически обработанном состоянии достигает 400 кгс/мм^2 . Сопротивление малым пластическим деформациям и износу весьма велико, благодаря чему при длительной работе прецизионной пары размеры деталей практически не изменяются и зазоры остаются постоянными.

ными. Сплав применяется в литом и термически обработанном состоянии.



Твердость сплавов ВЖЛ1 и В56 в сравнении с твердостью бронз ВБр3 и БрАЖН10-4-4 при высоких температурах.

С целью облегчения работы при повышенных температурах шарикорезьбовых пар, шарикоподшипников и других узлов трения рекомендуется специальная консистентная смазка ПФМС-4с на основе температуростойкой кремнеорганической жидкости. Эта смазка содержит в качестве смазывающего вещества 35% графита и применяется при температурах до 400°C.

Для уменьшения трения и устранения схватывания при повышенных давлениях и полусухом трении, а также в случаях вибраций в сочленениях рекомендуются антифрикционные покрытия ВАП-1, ВАП-1г, ВАП-2 и ВАП-3 в виде твердых пленок толщиной 10—20 $\mu\text{м}$. Эти покрытия прочно удерживаются на поверхности металла, содержат 50—67% (вес) твердого смазывающего вещества — сернистого молибдена или графита и обеспечивают нормальную работу деталей в условиях полусухого трения. Покрытия ВАП стойки в керосиновом топливе и других нефтепродуктах: ВАП-1 — при температурах до 250, ВАП-2 и ВАП-3 — до 300°C.

Фрикционные металлокерамические материалы, получаемые путем спекания при высоких температурах смеси порошков разнообразных металлов с неметаллическими составляющими (графит, окись кремния, асбест, карбиды и окислы металлов, их сернистые соединения и др.), обладают комплексом свойств, обеспечивающих способность материала противостоять схватыванию при высоком коэффициенте трения и хорошую сопротивляемость истиранию.

Во фрикционных элементах самолетных тормозов применяются металллокерамические композиции марок ФМК-11, ФМК-79 и МКВ-50 на основе железа.

Для изготовления фрикционных элементов электромагнитных муфт авиационных конструкций и других механизмов разработана металллокерамическая композиция на медной основе марки ФМКМ-1. Указанный материал обладает высокой стабильностью фрикционных свойств и эксплуатационной стойкостью. Фрикционный материал ФМКМ-1 предназначается для электромагнитных муфт агрегатов, длительно работающих при температурах до 100°C. Так, муфты с металллокерамикой ФМКМ-1 выдерживают до 500 тыс. переключений.

Антифрикционные металллокерамики АМК-4 и АМК-5, работоспособные при температурах до 400 и 500°C соответственно, обеспечивают работу узлов без смазки (механизм поворота в лопатках компрессора и др.).

Металлокерамические материалы УМ64-7 и УК-1Н разработаны для использования в радиальном уплотнении турбины и компрессора. Материал УМ64-7 в виде вставок применяется для уплотнения турбины при 900—1000°C, а материал УК-1Н в виде покрытия, наносимого газопламенным методом, — для радиального уплотнения компрессора и лабиринтов турбины при температурах до 650°C.

БРОНЗА ХРОМОНИКЕЛЬАЛЮМИНИЕВАЯ

ВБр3

Химический состав в %

| Ni | Si | Al | Fe | Mn | Cr | Ti | Cu |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 16,0—18,0 | 0,6—1,0 | 3,0—3,5 | 1,2—1,6 | 0,4—1,0 | 0,8—1,3 | 0,5—1,0 | Остальное |

Продолжение

| P | Pb | S | Bi | Sb | As | Всего |
|----------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| не более | | | | | | |
| 0,002 | 0,002 | 0,01 | 0,002 | 0,005 | 0,01 | 0,031 |

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полуфабриката | ОСТ | Состояние | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | δ_5 % | НВ кгс/мм ² |
|--------------------|---------------|-----------|--|-----------------|---------------------------|
| Отливки (в кокиль) | ОСТ1 90072—72 | Литые | 65 | 0,8 | 260 |
| Центробежное литье | | | 70 | 1,5 | 260 |

Механические свойства при различных температурах

| Вид полу- фабриката | Состоя- ние | Темпе- ратура испы- тания °C | E | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_{\text{в}}$ | δ_5 | ψ | НВ кгс/мм ² | $a_{\text{н}}$ кгс · м/см ² | σ_{-1} * | σ_{100} |
|------------------------|----------------|--|---------------------|----------------|---------------------|------------|--------|---------------------------|---|---------------------|----------------|
| | | | кгс/мм ² | | | % | | | | кгс/мм ² | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | 20 | 11800 | 60 | 65 | 1,5 | 2,0 | 260 | 0,6 | — | — |
| | | 500 | — | — | 33 | 1,5 | 2,0 | 220 | — | — | — |
| | | 650 | — | 30 | 32 | 2,5 | 2,5 | 110 | — | 13 | 10 |

* На базе $2 \cdot 10^7$ циклов.

Жаростойкость

При 100-часовых испытаниях в воздушной среде привес при 650°C составляет 0,04 г/м²·час.

Физические свойства

Плотность 8300 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—200 | 20—300 | 20—400 | 20—500 | 20— 600 | 20— 700 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|------------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 15,2 | 15,8 | 16,3 | 16,8 | 17,3 | 17,9 | 18,6 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| λ Вт/м·град | 42 | 58 | 64 | 71 | 75 | 73 |

Удельная теплоемкость

| Температура °C | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| c кДж/кг·град | 0,37 | 0,39 | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,46 | 0,48 |

Антифрикционные свойства

Коэффициент трения:

без смазки при 650°C ($P=3,5$ кгс/см² и $v=6$ м/сек) — 0,22;
износ — 0,02 мм/час.

Коррозионная стойкость

В атмосферных условиях и пресной воде бронза ВБрЗ обладает такой же коррозионной стойкостью, как и бронза БрАЖН10-4-4.

Технологические данные

Бронза выплавляется в электрических печах и отливается центробежным и стационарным способами в кокиль. Температура литья 1150—1200°C.

Применение

Детали трения (сепараторы и др.), работающие при высоких температурах.

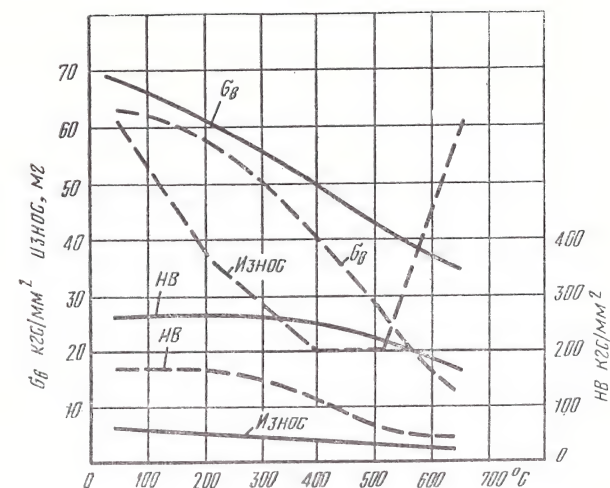


Рис. 1. Механические свойства бронз БрАЖН10-4-4 и ВБрЗ при высоких температурах:
—— бронза ВБрЗ; ---- бронза БрАЖН10-4-4.

| | |
|--------------------------------------|------|
| ВЫСОКОПРОЧНАЯ АНТИФРИКЦИОННАЯ БРОНЗА | ВБр5 |
|--------------------------------------|------|

Химический состав в %

| P | Cu | Fe | Ni | Pb | Zn | As | Сумма примесей |
|---------|--------|-----|-----|------|-----|------|----------------|
| 5,5—7,0 | Основа | 0,3 | 0,5 | 0,03 | 0,5 | 0,01 | 1,0 |

Механические свойства при комнатной температуре

| Вид полуфабриката | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | E _{сж} | $\sigma_{0,2}$ сж | НВ |
|---------------------|---------------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------|-------------------|---------|
| | кгс/мм ² | | | % | | кгс/мм ² | | |
| Прутки прессованные | 9000 | 38—45 | 60—70 | 16—20 | 55—60 | 10500 | 40—50 | 160—190 |

Физические свойства

Плотность 7970 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—200 | 20—300 |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 20,4 | 21,0 | 20,8 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 100 | 200 | 300 |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| λ Вт/м · град | 36,84 | 40,61 | 43,96 |

Удельная теплоемкость

| Температура °C | 100 | 200 | 300 |
|-----------------|------|------|------|
| с кДж/кг · град | 0,42 | 0,44 | 0,46 |

Коррозионная стойкость

В атмосферных условиях удовлетворительная.

Технологические данные

Бронза хорошо деформируется при 520—560°C. Для получения высокой прочности в сочетании с пластичностью рекомендуется двойное прессование.

Применение

Детали трения, работающие при температурах до 150—200°C.

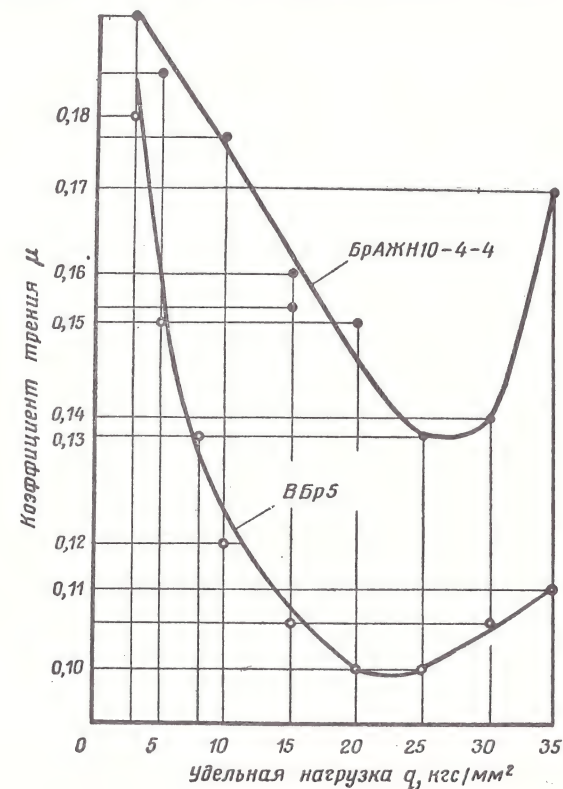


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения бронз ВБр5 и БрАЖН10-4-4 от нагрузки при испытании в паре со сталью 30ХГСА.

| ХРОМОНИКЕЛЕВЫЙ СПЛАВ | B56 |
|----------------------|-----|
|----------------------|-----|

| Химический состав в % | | | | | |
|-----------------------|---------|-----------|---------|---------|-----------|
| C | Si | Cr | Fe | W | B |
| Не более 0,05 | 1,8—2,2 | 13,5—14,5 | 6,5—7,5 | 1,5—2,0 | 0,08—0,10 |

| Продолжение | | | | | |
|-------------|---------|-----------|-------|-------|------|
| Ti | Al | Ni | S | P | Mn |
| 1,2—1,5 | 1,5—2,0 | Остальное | 0,020 | 0,025 | 0,20 |
| не более | | | | | |

| Механические свойства по ОСТ (не менее) | | | | | | | | |
|---|---------------|-------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------------|--------------|------------------------------------|------------------------|
| Вид полуфабриката | ОСТ | Состояние | Температура испытания °C | Метод выплавки | σ_B кгс/мм ² | δ_5 % | $\sigma_{0,2}$ кгс/мм ² | HB кгс/мм ² |
| Отливки (в кокиль) | ОСТ1 90035—71 | Термически обработанные | 20 | Вакуумный | 70 | 12 | 2 | 240 |
| | | | | Открытый | 70 | 3 | 2 | 240 |

| Механические свойства при различных температурах | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|--------------------------|-------|----------------|------------|---------------|--------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Вид полуфабриката | Состояние | Температура испытания °C | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | $\sigma_{0,2}$ кгс/мм ² | σ_B кгс/мм ² | HB кгс/мм ² |
| Отливки (в кокиль) | Термически обработанные | —70 | — | — | — | 70 | 3 | 3 | — | — |
| | | 20 | 16000 | 35 | 45 | 70 | 3 | 3 | 2 | 260 |
| | | 300 | — | — | — | 70 | 3 | 3 | — | — |
| | | 400 | — | — | — | 70 | 3 | 3 | — | — |
| | | 450 | — | — | — | 70 | 3 | 3 | — | — |

Антифрикционные свойства

Износостойкость и коэффициент трения

| Условия испытания | Температура испытания в °C | | | | | | | |
|---|----------------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|
| | 20 | | 300 | | 400 | | 450 | |
| | износ мм/час | коэффициент трения | износ мм/час | коэффициент трения | износ мм/час | коэффициент трения | износ мм/час | коэффициент трения |
| Трение скольжения без смазки ($P=3,5$ кгс/см ² , $v=6$ м/сек) | 0,035 | 0,26 | 0,015 | 0,23 | 0,013 | 0,22 | 0,020 | 0,23 |

Коррозионная стойкость

Сплав обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью.

Физические свойства

Плотность 8200 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 100—200 | 200—300 | 300—400 | 400—500 |
|----------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 12,5 | 13,5 | 14,3 | 15,1 | 15,9 |

Коэффициент теплопроводности

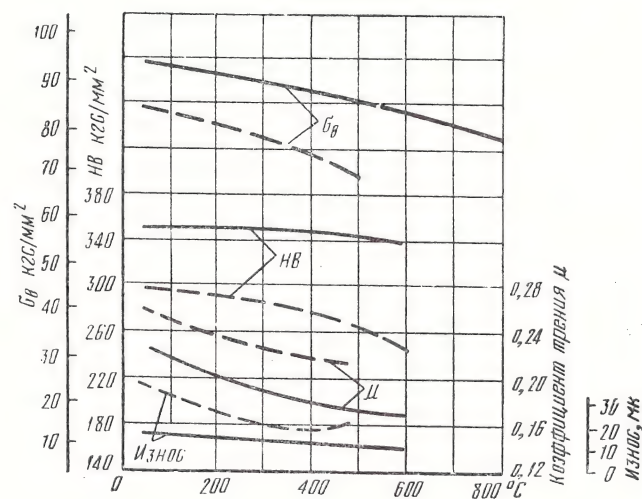
$\lambda=12,0$ Вт/м·град (20°C).

Технологические данные

Сплав изготавливается в вакуумных и открытых электрических печах и отливается в кокиль в виде болванок. Температура литья 1560—1600°C. Режим термической обработки: закалка с 1080±10°C, охлаждение на воздухе; старение при 700±10°C. Для заготовок диаметром 50—100 мм выдержка при закалке рекомендуется в пределах 6—8 час, при старении — 14—16 час. Сплав удовлетворительно обрабатывается резанием.

Применение

Гайки шарикорезьбовых пар и другие детали, работающие на трение при температурах до 450°C.



Механические свойства сплавов ВЖЛ1 и В56 при высоких температурах:

— сплав ВЖЛ1; --- сплав В56.

ИЗНОСОСТОЙКИЙ ХРОМОНИКЕЛЕВЫЙ СПЛАВ

ВЖЛ1

Химический состав в %

| C | Si | Cr | Fe | W | B |
|-----------|---------|-----------|---------|---------|------|
| 0,10—0,17 | 1,2—2,0 | 15,0—17,0 | 6,0—7,5 | 2,0—2,5 | 0,10 |

Продолжение

| Ti | Al | Mo | Ni | S | P | Mn |
|---------|---------|---------|--------|-------|------|------|
| 2,0—3,0 | 2,0—3,0 | 3,5—5,0 | Основа | 0,020 | 0,02 | 0,30 |

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ОСТ | Состояние | Метод выплав- ки | σ_v кгс/мм ² | δ % | НВ кгс/мм ² |
|------------------------|------------------|-----------|------------------------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|
| Отливки (в кокиль) | ОСТ1 90035—71 | Литые | Вакуум- ный | 80 | 1,5 | 270 |
| | | | Откры- тый | 68 | 1,5 | 270 |

Механические свойства при различных температурах

| Вид полу- фабриката | Состоя- ние | Темпе- ратура испыта- ния °C | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_v | δ_{10} | ψ |
|------------------------|----------------|--|---------------------|----------------|------------|---------------|--------|
| | | | кгс/мм ² | | | % | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | -70 | — | — | 95—110 | 1—2 | 1—2 |
| | | 20 | 18500 | 70—80 | 80—95 | 1—2 | 1—2 |
| | | 500 | — | — | 80—90 | 1—2 | 1—2 |
| | | 600 | — | — | 75—85 | 2—3 | 2—3 |
| | | 650 | — | — | — | — | — |

Продолжение

| Вид полу- фабриката | Состоя- ние | Темпе- ратура испыта- ния °C | $\sigma_{0,2}$ сж | НВ | a_H кгс·м/см ² | σ_{-1}^* кгс/мм ² | σ_{100} кгс/мм ² |
|------------------------|----------------|--|---------------------|---------|--------------------------------|--|---------------------------------------|
| | | | | | | | |
| | | | кгс/мм ² | | | | |
| Отливки (в кокиль) | Литые | —70 | — | — | — | — | — |
| | | 20 | 75—80 | 300—360 | 0,5—1,5 | — | — |
| | | 500 | — | 300—345 | — | — | 73—84 |
| | | 600 | — | 300—320 | — | — | — |
| | | 650 | — | — | — | 2,8 | — |

* На базе $N=2 \cdot 10^7$

Антифрикционные свойства

Износостойкость и коэффициент трения

| Условия испытания | Температура испытания в °C | | | | | |
|--|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|
| | 20 | | 500 | | 600 | |
| | износ мм/час | коэффи- циент трения | износ мм/час | коэффи- циент трения | износ мм/час | коэффи- циент трения |
| Трение скольжения ($P=3,5$ кгс/см ² , $v=$ $=6$ м/сек) со смаз- кой ПФМС-4с | 0,010 | 0,19 | 0,012 | 0,15 | — | — |
| В тех же условиях без смазки | 0,018 | 0,24 | 0,013 | 0,18 | 0,010 | 0,17 |

Физические свойства

Плотность 8370 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—200 | 20—300 | 20—400 | 20—500 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 12,4 | 12,9 | 13,3 | 13,7 | 14,1 |

Коэффициент теплопроводности

 $\lambda=9$ Вт/м·град (20°C).

Коррозионная стойкость

Сплав обладает хорошей коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Сплав изготавливается в вакуумных и открытых электрических печах и отли-
вается в кокиль в виде болванок; применяется без термической обработки. Тем-
пература литья 1580—1620°C. Выплавка и разливка в вакууме обеспечивают
более высокую износостойкость сплава.

Применение

Шарикорезьбовые пары специальных агрегатов управления, работающие при
температурах до 600°C.

| ИЗНОСОСТОЙКИЙ СПЛАВ | ВЖЛ2 |
|---------------------|------|
|---------------------|------|

Химический состав в %

| C | Si | Cr | Mo | Fe |
|-----------|---------|-----------|-----------|---------|
| 0,11—0,17 | 1,0—2,0 | 12,0—15,0 | 12,0—15,0 | 2,0—3,5 |

Продолжение

| W | Al | Ti | B | Ni | S | P |
|----------|---------|---------|-------|--------|------|------|
| не более | | | | | | |
| 8,0—10,0 | 1,5—3,0 | 2,0—3,2 | 0,065 | Основа | 0,02 | 0,02 |

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полу- фабриката | ОСТ | Состояние | Метод выплав- ки | Темпе- ратура испыта- ния °C | σ_B кгс/мм ² | HB кгс/мм ² |
|---|------------------|-----------------|------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------|
| Отливки в кокиль и заго- товки, полу- ченные мето- дом регламен- тированной кристаллиза- ции | ОСТ1 90035—71 | Отожжен- ные | Вакуум- ный | 20 | 75 | 430 |

Механические свойства при различных температурах

| Вид полу- фабриката | Состояние | Температура испытания °C | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_5 % |
|------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------|----------------|------------|-----------------|
| | | | кгс/мм ² | | | |
| Отливки (в кокиль) | Отожжен- ные | 20 | 20500 | 72 | 85 | 1 |
| | | 650 | 17000 | 72 | 85 | 1 |
| | | 800 | 14500 | 72 | 85 | 1 |

Продолжение

| Вид полу- фабриката | Состояние | Температура испытания °C | HB | σ_{100} | a_H кгс·м/см ² |
|------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------|----------------|--------------------------------|
| | | | кгс/мм ² | | |
| Отливки (в кокиль) | Отожжен- ные | 20 | 450 | — | 0,5 |
| | | 650 | 370 | 45,0 | — |
| | | 800 | 320 | 36,0 | — |

Антифрикционные свойства

Износостойкость и коэффициент трения при испытании в среде инертных газов (аргон) при 800°C

| Условия испытания | Износ мм/час | Коэффициент трения |
|---|-----------------|-----------------------|
| Трение скольжения без смазки ($P=$ $=2,5$ кгс/см ² , $v=2,2$ м/сек) с диском из стали 1Х18Н9Т с диском из сплава ВЖ100 | Не обнаружен | 0,35 |
| | 0,001 | 0,28 |

Износостойкость и коэффициент трения при испытании в дистиллированной воде при 150°C

| Условия испытания | Износ мм/час | Коэффициент трения |
|---|-----------------|-----------------------|
| Трение скольжения ($P=4$ кгс/см ² $v=15$ м/сек) с диском из углярафита 2П-1000-3П | 0,0015 | 0,16—0,14 |
| | | |

Физические свойства

Плотность 8500 кг/мм³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20— 100 | 20— 200 | 20— 300 | 20— 400 | 20— 500 | 20— —600 | 20— 700 | 20— 800 | 20— 900 | 20— 1000 |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 11,7 | 12,2 | 12,6 | 13,0 | 13,4 | 14,0 | 14,5 | 15,1 | 15,9 | 17,2 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| λ Вт/м·град | 10 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 20 | 21 |

Удельная теплоемкость

| Температура °C | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|-------------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| c кДж/кг·град | 0,35 | 0,42 | 0,43 | 0,43 | 0,46 | 0,5 | 0,54 | 0,52 |

Коррозионная стойкость

Сплав обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью в атмосферных условиях, морской и дистиллированной воде, а также в некоторых жидкометаллических средах (Na, Na-K).

Технологические данные

Сплав изготавливается в вакуумных печах и отливается в кокиль в виде болванок или маслост. Втулки диаметром 80—100 мм могут быть получены методом регламентированной кристаллизации*. Температура литья 1480—1460°C. Сплав применяется в литом состоянии после отжига при 950°C в течение 3—5 час.

Применение

Детали узлов трения, длительно работающие при высоких температурах (до 800°C) в дистиллированной воде и жидкометаллических средах (Na, Na-K).

ИЗНОСОСТОЙКИЙ ХРОМОНИКЕЛЕВЫЙ СПЛАВ

ВЖЛ15

Химический состав в %

| C | Si | Cr | W | B | Zr |
|-----------|---------|-------|---------|-------------|-----------|
| 0,08—0,12 | 1,5—1,8 | 23—26 | 4,8—6,0 | 0,012—0,018 | 0,08—0,12 |

Продолжение

| Ti | Al | Ni | S | P |
|----------|---------|--------|------|------|
| не более | | | | |
| 2,1—2,6 | 5,5—6,0 | Основа | 0,02 | 0,02 |

Механические свойства по ОСТ (не менее)

| Вид полуфабриката | ОСТ | Состояние | σ_B кгс/мм ² | δ_5 % | HB кгс/мм ² |
|-------------------|---------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------|
| Отливки в кокиль | ОСТ1 90035—71 | Литые | 70 | 0,8 | 440 |

Механические свойства при различных температурах

| Вид полуфабриката | Состояние | Температура испытания °C | E | $\sigma_{0,2}$ | σ_B | δ_{10} | ψ | HB кгс/мм ² | σ_H кгс·м/см ² | σ_{100} кгс/мм ² |
|-------------------|-----------|-----------------------------|---------------------|----------------|------------|---------------|--------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | кгс/мм ² | | | % | | | | |
| Отливки в блок | Литые | 20 | 18000 | 60 | 80 | 1,0 | 3 | 450 | 0,4 | — |
| | | 800 | — | 55 | 67 | 3 | 4 | 230 | — | — |
| | | 950 | — | 30 | 35 | 7 | 11 | 130 | — | 4,0 |

* ТР № 121-69.

Физические свойства

Плотность 8000 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 100—200 | 200—300 | 300—400 | 400—500 | 500— —600 | 600— —700 |
|----------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------------|--------------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 11,3 | 11,7 | 12,2 | 12,8 | 13,4 | 14,1 | 14,3 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| λ Вт/м · град | 10,0 | 11,3 | 13,0 | 14,6 | 16,7 | 18,4 | 21,3 | 23,9 | 26,0 | 28,5 |

Удельная теплоемкость

| Температура °C | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
|-------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| c кДж/кг · град | 0,419 | 0,44 | 0,46 | 0,502 | 0,523 | 0,586 | 0,628 | 0,690 | 0,754 |

Антифрикционные свойства

Износостойкость и коэффициент трения

| Условия испытания | Температура испытания в °C | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| | 20 | | 800 | | 900 | |
| | износ мг/час · см² | коэффи- циент трения | износ мг/час · см² | коэффи- циент трения | износ мг/час · см² | коэффи- циент трения |
| Трение скольже- ния без смазки: ($P=2,5$ кгс/см², $v=2,25$ м/сек) | 4 | 0,35 | 6,0 | 0,29 | 6,0 | 0,29 |

Жаростойкость

При 100-часовых испытаниях в воздушной среде при 950°C привес составляет 0,06 г/м² · час.

Коррозионная стойкость

Сплав обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Сплав изготавливается в вакуумных индукционных печах и отливается в кокиль и блоки.

Применение

Детали трения, работающие при температурах до 900°C.

| КРЕМНИСТЫЙ МОНЕЛЬ | | | | | НМКЖМц30-4-2-1 (ВКМ) | | | | | |
|---|-------------------------|-------------------------|---------|--|-------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Химический состав в % | | | | | | | | | | |
| Cu | Si | Fe | Mn | Ni | C | Mg | Ti | | | |
| | | | | | не более | | | | | |
| 30,0—32,0 | 3,9—4,3 | 1,5—2,8 | 0,5—1,5 | Основа | 0,1 | 0,1 | 0,15 | | | |
| Продолжение | | | | | | | | | | |
| S | P | Pb | Bi | Sb | Прочие примеси (каждая) | Сумма примесей | | | | |
| не более | | | | | | | | | | |
| 0,015 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,6 | | | | |
| Механические свойства по ТУ (не менее) | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | ТУ | Состояние | | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | δ_{10} % | НВ кгс/мм ² | | | | |
| Отливки | АМТУ 508—70 | Литые | | 70 | 0,5 | 300 | | | | |
| | | Термически обработанные | | 70 | 0,5 | 350 | | | | |
| Механические свойства отливок при комнатной температуре | | | | | | | | | | |
| Вид полуфабриката | Состояние | E^* | G | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_{\text{в}}$ | δ_5 % | $\sigma_{\text{в сж}}$ | $\tau_{\text{ср}}$ | НВ кгс/мм ² | a_n кгс·м/см ² |
| | | кгс/мм ² | | | | | | | | |
| Отливки | Литые | — | — | 60—80 | 70—90 | 1—2 | — | — | 300—350 | 0,5—1,2 |
| | Термически обработанные | 17000 | 6650 | 70—90 | 80—100 | 2—5 | 180—260 | 55—65 | 350—400 | 0,5—0,8 |

* $E=17500$ кгс/мм² (при -250°C).

Физические свойства

Плотность 8500 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура $^\circ\text{C}$ | 20—100 | 20—200 | 20—300 | 20—400 | 20—500 | 20—600 |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 14,2 | 14,7 | 15,3 | 15,8 | 16,2 | 16,7 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура $^\circ\text{C}$ | 25 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|---------------------------------|----|------|------|------|------|------|-----|
| λ Вт/м·град | 18 | 19,2 | 20,9 | 22,2 | 23,8 | 25,5 | 28 |

Удельная теплоемкость

| Температура $^\circ\text{C}$ | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------------------------|------|-------|------|-----|-------|-------|------|-------|
| c кДж/кг·град | 0,42 | 0,439 | 0,46 | 0,5 | 0,544 | 0,628 | 0,71 | 0,754 |

Удельное электросопротивление

 $\rho \cdot 10^6 = 65,0$ ом·см.

Температура плавления 1260—1285°C

Антифрикционные свойства

Коэффициент трения в керосине 0,07 (испытание на машине И-47 в паре со сталью Х18). Сплав обладает высоким сопротивлением истиранию. Износостойкость при удельной нагрузке 5 кгс/см² и скорости 2,5 м/сек за 7 час 45 мин составляет 1—3 мг (в паре со сталью Х18).

Коррозионная стойкость

Сплав обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и морской воде.

Технологические данные

Сплав изготавливается в открытых электрических печах и заливается в кокиль, песчаные или оболочковые формы. Используется в литом и термообработанном состоянии. Температура литья 1470—1520°C. Линейная усадка 2%, жидкотекучесть 18 см (при 1500°C для канала диаметром 5 мм). Рекомендуемая термическая обработка: закалка с 1000±50°C после выдержки 3—5 час, охлаждение на воздухе, отпуск при 600—650°C, выдержка 3—5 час.

Сплав хорошо паяется припоем ВПр4.

Применение

Втулки золотниковых пар топливной аппаратуры и ряд других деталей, работающих на истирание в различных средах: втулки, наконечники, штоки и др.

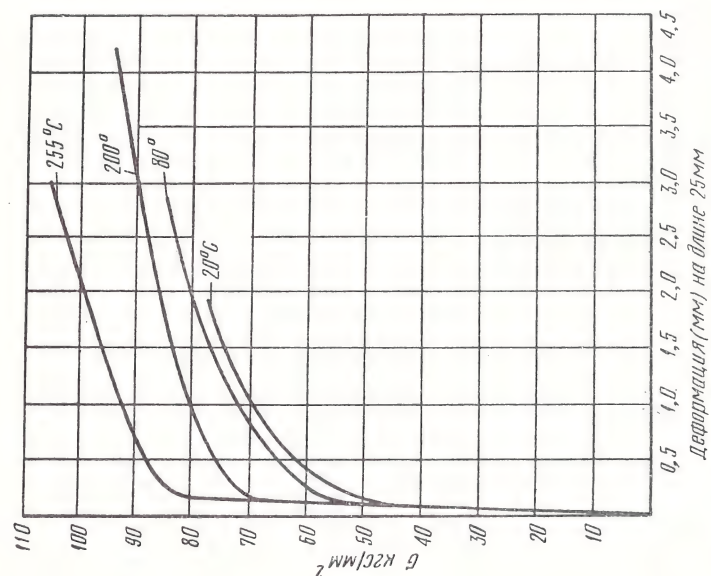


Рис. 1. Кривые растяжения кремнистого монолита НМКЖМц30-4-2-1.

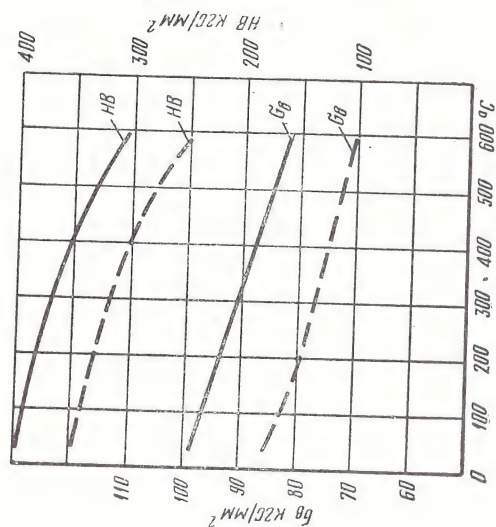


Рис. 2. Механические свойства кремнистого монолита НМКЖМц30-4-2-1 при высоких температурах в литом (---) и термически обработанном (—) состояниях.

ФРИКЦИОННАЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИКА НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

ФМК-11

Химический состав в % (по шихте)

| По паспорту | | | | | |
|-------------|-------|--------------------|---------|---------|---------|
| Железо | Медь | Серноокислый барий | Асбест | Песок | Углерод |
| Основы | 14—16 | 4,0—6,0 | 2,0—3,5 | 2,0—3,5 | 6,5—8,0 |

Механические свойства по ОСТ

| Вид полуфабриката | ОСТ | Состояние | HRF |
|--|---------------|-----------|-------|
| Металлокерамические секторы или диски, припеченные к стальному каркасу | ОСТ1 90115—74 | Спеченные | 70—95 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Состояние | σ_b | σ_b изг | σ_b сж | $\tau_{ср}$ | HRF | a_n кгс · м/см ² |
|-----------|---------------------|----------------|---------------|-------------|-------|----------------------------------|
| | кгс/мм ² | | | | | |
| Спеченные | 3,8—4,5 | 9—11 | 15—18 | 8—10 | 70—95 | 0,07—0,08 |

Физические свойства

Плотность 5200—5500 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 100—200 |
|----------------------------|--------|---------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 11,5 | 12,4 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 100 | 300 | 600 |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| λ Вт/м · град | 34,44 | 30,24 | 22,26 |

Фрикционные свойства

Коэффициент трения и износ при испытании на машине ИМ-58

| Условия испытания | Коэффициент трения | Стабильность коэффициента трения | Износ в мк/торможение | |
|--|--------------------|----------------------------------|-----------------------|------------|
| | | | металлокерамика | чугун ЧНМХ |
| $A_{уд} = 545 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2$ $N_{уд} = 25 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2 \cdot \text{сек}$ $v_{нач} = 20 \text{ м/сек}$ | 0,24—0,29 | $\geq 0,7$ | ≤ 22 | ≤ 4 |

Технологические данные

Температура спекания металлокерамики $1020 \pm 20^\circ\text{C}$. Давление при прессовании — $5,0\text{—}7,0 \text{ т/см}^2$, давление при спекании $15\text{—}20 \text{ кгс/см}^2$, выдержка при температуре спекания $2,5\text{—}3,0 \text{ час}$.

Материал хорошо обрабатывается резанием.

Применение

Тормозные устройства авиаколес различных конструкций.

ФРИКЦИОННАЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИКА
НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

ФМК-79

Химический состав в %

| По паспорту | | | | | |
|-------------|------|-------------|-----------------|----------------|---------------|
| Железо | Медь | Нитрид бора | Сернистый барий | Карбид кремния | Углерод общий |
| Основа | 9—11 | 2—4 | 5—7 | 5—7 | 5—7 |

Механические свойства по ВТУ

| Вид полуфабриката | ВТУ | Состояние | HRF |
|--|--------------|-----------|--------|
| Металлокерамические секторы или диски, припеченные к стальному каркасу | ВТУ-02-14-74 | Спеченные | 80—105 |

Механические свойства при различных температурах

| Состояние материала | Темпера- тура °C | σ_B | σ_B изг | σ_B сж | $\tau_{ср}$ | HRF | a_H $кгс \cdot м/см^2$ |
|------------------------|------------------------|------------|----------------|---------------|-------------|--------|-----------------------------|
| | | $кгс/мм^2$ | | | | | |
| Спеченный | 20 | 4—5 | 11—12 | 25—26 | 9—11 | 80—105 | 0,10—0,11 |
| Спеченный | 600 | 3—4 | 7—8 | 15—16 | 3—4 | 60—70 | 0,07—0,08 |

Физические свойства

Плотность $5500\text{—}5600 \text{ кг/м}^3$.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура $^\circ\text{C}$ | 20—100 | 20—600 | 500—600 |
|------------------------------------|--------|--------|---------|
| $\alpha \cdot 10^6 \text{ 1/град}$ | 11,5 | 14,3 | 18,0 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура $^\circ\text{C}$ | 25 | 800 |
|--|------|-------|
| $\lambda \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$ | 18,9 | 17,64 |

Удельная теплоемкость

| Температура °C | 100 | 600 |
|----------------------|-------|-------|
| <i>c</i> кДж/кг·град | 0,546 | 0,798 |

Коррозионная стойкость

Такая же, как у углеродистой стали.

Фрикционные свойства

Коэффициент трения и износ при испытании на машине ИМ-58

| Условия испытания | Коэффициент трения | Стабильность коэффициента трения | Износ в мк/торможение | |
|--|--------------------|----------------------------------|-----------------------|------------|
| | | | металло-керамика | чугун ЧНМХ |
| $A_{уд} = 540 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2$ $N_{уд} = 25 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2 \cdot \text{сек}$ $v_{нач} = 20 \text{ м/сек}$ | 0,34—0,40 | $\geq 0,7$ | ≤ 11 | ≤ 7 |

Технологические данные

Температура спекания металлокерамики 1030—20°C. Давление при прессовании 5,0—7,0 т/см², при спекании 15—20 кгс/см², выдержка при температурах спекания 2,5—3 час.

Материал удовлетворительно обрабатывается резанием.

Применение

Тормозные устройства авиаколес различных конструкций.

МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЙ
ФРИКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

МКВ-50А

Химический состав в %

По паспорту

| Железо | Углерод общий | Кремний | Бор | Асбест | Медь | Сера |
|--------|------------------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Основа | 8,5—11 | 3,0—4,3 | 3,0—4,3 | 2,5—4,0 | 9,0—11,0 | 0,6—1,2 |

Механические свойства по ОСТ

| Вид полуфабриката | ОСТ | Состояние | HRF |
|--|---------------|-----------|--------|
| Металлокерамические секторы или диски, припеченные к стальному каркасу | ОСТ1 90115—74 | Спеченные | 80—100 |

Механические свойства при различных температурах

| Температура испытания °C | $\sigma_{\text{в}}$ | $\sigma_{\text{в изг}}$ | $\sigma_{\text{в сж}}$ | $\tau_{\text{ср}}$ | $a_{\text{н}}$ кгс · м/см ² | HRF |
|--------------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|---|--------|
| | кгс/мм ² | | | | | |
| 20 | 3—4 | 10—14 | 15—20 | 6—10 | 0,08—0,12 | 80—100 |
| 300 | 3—4,5 | 9—13 | 15—20 | 4,5—6,5 | — | 70—75 |
| 600 | 2—3 | 7,5—11 | 11—15 | 2—3 | — | 42—53 |

Физические свойства

Плотность 5100 кг/м³ при пористости 5—10%.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20— 100 | 20— 200 | 20— 300 | 20— 400 | 20— 500 | 20— 600 | 20— 700 | 20— 800 | 20— 900 |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $\alpha \cdot 10^6 \text{ 1/град}$ | 10,97 | 10,74 | 10,90 | 11,16 | 11,31 | 11,76 | 12,07 | 12,52 | 12,6 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| λ вт/м·град | 27,2 | 24,7 | 22,6 | 20,9 | 20,5 | 20,1 | 19,65 | 19,3 | 18,8 |

Удельная теплоемкость

| Температура °C | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| c кдж/кг·град | 0,51 | 0,54 | 0,62 | 0,67 | 0,71 | 0,75 | 0,79 | 0,835 |

Свойства при трении на машине ИМ-58

| Условия испытания | Коэффициент трения | Стабильность коэффициента трения | Износ в мк/торможение | |
|--|--------------------|----------------------------------|-----------------------|------------|
| | | | металло-керамика | чугун ЧНМХ |
| $A_{уд} = 540$ кгс·м/см ² | 0,33—0,404 | $\geq 0,70$ | ≤ 12 | ≤ 9 |
| $N_{уд} = 25$ кгс·м/см ² ·сек | | | | |
| $v_{нач} = 20$ м/сек | | | | |

Технологические данные

Материал получают методом порошковой металлургии. Давление при прессовании 4—6 т/см². Температура спекания 960—980°C — 3 час, при давлении на спекаемое изделие 20 кгс/см². Спекание производится в среде водорода.

Применение

Тормозные устройства авиаколес различных конструкций.

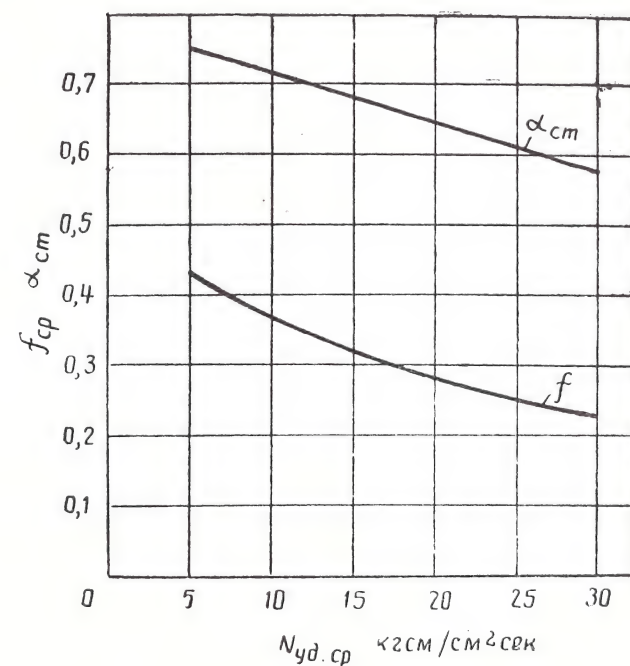


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения ($f_{ср}$) и его стабильности ($\alpha_{ст}$) от средней мощности торможения.

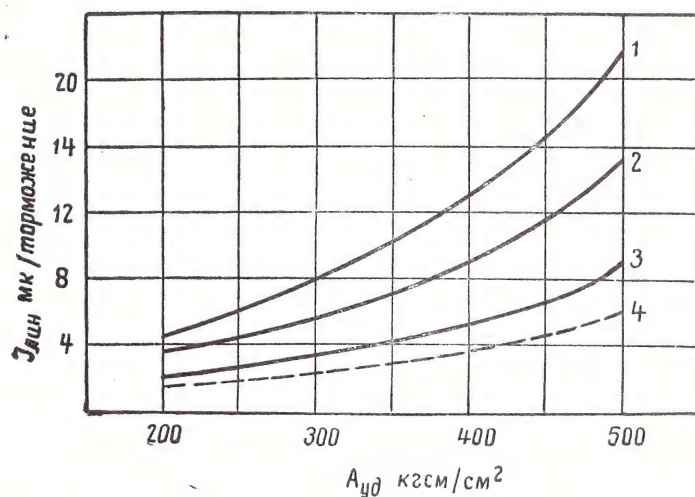


Рис. 2. Зависимость линейного износа металлокерамики и чугуна от удельной работы торможения:

— МКВ-50А; --- ЧНМХ.
 1 — $N_{уд}=30$ кгс·м/см²·сек; 2 — $N_{уд}=20$ кгс·м/см²·сек;
 3 — $N_{уд}=10$ кгс·м/см²·сек; 4 — $N_{уд}=10-30$ кгс·м/см²·сек.

ФРИКЦИОННАЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИКА НА МЕДНОЙ ОСНОВЕ

ФМКМ-1

Химический состав в % (по шихте)

| Марка материала | Медь | Олово | Графит | Окись кремния | Свинец | Трехокись молибдена |
|-----------------|--------|-------|--------|---------------|--------|---------------------|
| ФМКМ-1 | Основа | 7—9 | 2—4 | 2—4 | 5—7 | 2—4 |

Типичные механические свойства при комнатной температуре

| Марка материала | Состояние | σ_B | σ_B изг | σ_B сж | $\tau_{ср}$ | HV | a_H кгс·м/см ² |
|--------------------|-----------|---------------------|----------------|---------------|-------------|------|--------------------------------|
| | | кгс/мм ² | | | | | |
| ФМКМ-1 | Спеченная | 5—6 | 7—8 | 14—15 | 7—8 | 60 | 0,1—0,15 |

Физические свойства

Плотность 7000—7500 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 16,8 |

Коэффициент теплопроводности

 $\lambda=9,24$ Вт/м·град.

Удельная теплоемкость

 $c=0,348$ кДж/кг·град.

Фрикционные свойства

Коэффициент трения и износ при испытании на машине И-47

| Марка материала | Условия испытания | Коэффициент трения | Износ в мк/час | |
|-----------------|-------------------|--------------------|------------------|----------------------|
| | | | металло-керамика | хромиро-ванная сталь |
| ФМКМ-1 | $v=0,1-6,3$ м/сек | 0,28—0,30 | 8 | 1 |

Металлокерамика в электромагнитных муфтах выдержала 500 тыс. включений, при $P=4 \text{ кгс/см}^2$, $v=0,35 \text{ м/сек}$; коэффициент трения $0,26-0,27$, износ менее $0,2 \text{ мг/см}^2 \cdot \text{час}$.

Технологические данные

Температура спекания металлокерамики 800^{+10°C , давление при прессовании $2 \div 3 \text{ т/см}^2$, при спекании $10 \div 12 \text{ кгс/см}^2$, продолжительность выдержки 3 час; обрабатываемость хорошая.

Применение

Фрикционные электромагнитные и предохранительные муфты авиационных агрегатов и других механизмов.

АНТИФРИКЦИОННАЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИКА НА ОСНОВЕ МЕДИ

АМК-4

Химический состав в % (по шихте)

| Cu | Ni | Sn | Pb | C (графит) | MoS ₂ |
|--------|-------|-----|-----|---------------|------------------|
| Основа | 16—18 | 5—7 | 3—5 | 4—5,5 | 4—5,5 |

Механические свойства при повышенных температурах

| Состояние материала | Темпера- тура испы- тания °C | $\sigma_{\text{в изг}}$ | $\sigma_{\text{в сж}}$ | $\tau_{\text{ср}}$ | HV | a_n кгс · м/см ² |
|------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|-------|----------------------------------|
| | | кгс/мм ² | | | | |
| Спеченное | 20 | 13—14 | 25—28 | 12—14 | 55—75 | 0,20 |
| | 350 | 7—9 | 16—18 | 8—9 | 40—65 | 0,15 |

Фрикционные свойства при высоких температурах

| Температура испытания °C | Условия испытания | Коэффициент трения | Износ в мм на 1 км пути | |
|-----------------------------|--|------------------------|-------------------------|--------|
| 300—350 | На машине И-47: $v=0,5 \text{ м/сек}$, $P_{\text{уд}}$ до 50 кгс/см^2 ; контртело — ст. 9Х18 без смазки | 0,20—0,24 | 0,15 | — |
| | На машине Амслера: $v=0,4 \text{ м/сек}$, $P_{\text{уд}}=25 \text{ кгс/см}^2$, $P=100 \text{ кгс/см}^2$. | 0,07—0,08 0,02—0,05 | 0,03 0,05 | 0 0 |
| | На образцах нанесено покрытие ВАП-2 | | | |

Физические свойства

Плотность 6500—6700 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—400 |
|------------------------------------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6 \text{ 1/град}$ | 16,1 | 16,4 |

| Коэффициент теплопроводности | | |
|------------------------------|--------|-------|
| Температура °C | 25—400 | |
| λ вт/м · град | 50,2 | |
| Удельная теплоемкость | | |
| Температура °C | 100 | 200 |
| c кдж/кг · град | 0,419 | 0,460 |

Коррозионная стойкость

Материал обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью во влажной камере при 18—25°C.

Технологические данные

При прессовании заготовок давление 3,0—3,5 т/см². Спекание материала в среде водорода осуществляется двумя способами:

а) при температуре 400±10°C и давлении 5 кгс/см², выдержка 1 час, затем при повышении температуры до 820±10°C и давлении 10 кгс/см², выдержка 3 час;

б) без давления при 820±10°C, выдержка 3 час, охлаждение до комнатной температуры, калибровка (подпрессовка) при $P_{уд}=5$ т/см² и последующий отжиг при 820±10°C, выдержка 3 час. В случае необходимости разрешается после механической обработки наносить на рабочую поверхность изделий покрытие ВАП-2 согласно инструкции ВИАМ № 853-64.

Применение

Подшипники скольжения, подпятники и втулки, работающие без смазки при повышенных температурах (до 350°C).

АНТИФРИКЦИОННАЯ МЕТАЛЛОКЕРАМИКА
НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ

АМК-5

Химический состав в % (по шихте)

| Ni | Cu | Fe | Sn | Pb | C (графит) | MoS ₂ | Fe ₃ P |
|--------|-------|-----------|---------|---------|---------------|------------------|-------------------|
| Основа | 20—22 | 10,5—11,5 | 1,4—1,7 | 2,2—2,5 | 4,2—4,9 | 4—4,5 | 2,2—2,5 |

Механические свойства при различных температурах

| Состояние материала | Температура испытания °C | $\sigma_{изг}$ | $\sigma_{сж}$ | НВ |
|------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------|-------|
| | | кгс/мм ² | | |
| Спеченное | 20 | 18—23 | 30—34 | 60—80 |
| | 450 | 12—17 | 20—27 | — |
| | 600 | 5—7 | 13—18 | — |

Антифрикционные свойства

| Температура испытания °C | Условия испытания | Коэффициент трения | Износ на 1 км пути в мм | |
|--------------------------------|---|-----------------------|----------------------------|-------|
| | | | металло- керамика | сталь |
| 550 | На машине И-47: $v=0,1-0,2$ м/сек, $P_{уд}=15$ кгс/см ² ; контртело — ст. 9Х18, без смазки | 0,2—0,24 | 0,07 | 0,01 |

Физические свойства

Плотность 6600—6700 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—400 | 20—600 |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 13,6 | 14,8 | 15,6 |

| Коэффициент теплопроводности | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|
| Температура °C | 25 | 400 | 600 |
| λ Вт/м·град | 18,8 | 17,6 | 16,3 |
| Удельная теплоемкость | | | |
| Температура °C | 100 | 400 | 600 |
| c кДж/кг·град | 0,419 | 0,523 | 0,586 |

Технологические данные

Предварительное спекание шихты при 800—820°C в течение 2 час в среде водорода. Спеченная шихта подвергается размолу. Прессование заготовок производится при $P_{уд} = 5-6$ т/см². Спекание в водороде при 900⁺¹⁰°C, выдержка 3 час.

Калибрование (подпрессовка) спеченных заготовок при $P_{уд} = 7$ т/см. Отжиг в водороде откалиброванных заготовок при 900₋₁₀°C, выдержка 3 час.

Применение

Подшипники скольжения, втулки и различные детали трения, работающие без смазки при повышенных температурах.

УПЛОТНИТЕЛЬНЫЙ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЙ
МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ

УМ64-7

Химический состав (по шихте) в %

| Ni | BN | SiO ₂ |
|--------|-----|------------------|
| Основа | 2—4 | 1—3 |

Типичные механические свойства при высоких температурах

| Температура испытания °C | σ_B изг | σ_B сж | σ_B | $\tau_{ср}$ | δ | a_B | НВ |
|--------------------------------|---------------------|---------------|------------|-------------|----------|-----------------------|---------------------|
| | кгс/мм ² | | | | % | кгс·м/см ² | кгс/мм ² |
| 20 | 12—15 | 50—60 | 5,0—7,0 | 10—12 | 0,3—0,4 | 0,10—0,18 | 25—45 |
| 600 | — | — | 3,0—4,5 | 4,0—5,0 | 0,3—0,5 | — | — |
| 700 | 3,5—4,5 | — | — | — | — | 0,14—0,23 | — |
| 800 | — | — | 1,6—2,7 | 1,5—2,5 | — | 0,16—0,26 | — |
| 900 | — | — | 0,8—1,0 | — | 0,8—1,0 | — | — |
| 1000 | 3,0—2,5 | — | — | — | 2,0—3,0 | — | — |

Физические свойства *

Плотность 6200—7000 кг/м³.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20— 100 | 20— 200 | 20— 300 | 20— 400 | 20— 500 | 20— 600 | 20— 700 | 20— 800 | 20— 900 | 20— 1000 |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 12,9 | 13,3 | 14,0 | 14,6 | 15,0 | 15,3 | 15,5 | 15,9 | 16,3 | 16,4 |

* Для материала с пористостью 13—17%.

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 25 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| λ Вт/м·град | 36,8 | 35,2 | 34,3 | 32,6 | 32,6 | 32,6 | 32,6 | 32,6 | 32,2 | 32,2 | 31,8 |

Жаростойкость

| Материал | Температура нагрева °С | Среда | Продолжительность окисления час | Привес г/м ² |
|--|------------------------|--------|---------------------------------|-------------------------|
| Образцы диаметром 27 мм, толщиной 6,7 мм, $d = (6,8 - 6,9) \cdot 10^3$ кг/м ³ ; пористость 11—13% | 1000 | Воздух | 100 | 380 |
| | | | 450 | 640 |
| | | | 1050 | 910 |
| | | | 1250 | 950 |
| | | | 1450 | 950 |
| | | | 1650 | 1040 |
| | | | 1800 | 1050 |
| | | | 2000 | 1160 |
| | | | 2500 | 1120 |
| | | | 3000 | 1120 |

Коррозионная стойкость

Материал обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и при нагреве до 1000°C.

Технологические данные

Материал получают методом порошковой металлургии. Удельное давление прессования от 3 до 7 т/см². Температура спекания 1150—1200°C в течение 3 час. Спекание проводится в средах водорода, аргона, диссоциированного аммиака и азота. Материал может быть получен путем прокатки спеченных заготовок.

Материал удовлетворительно обрабатывается резанием.

Применение

Детали в виде вставок и уплотнений других видов (колец, ленты, секторов), работающих длительно, а также кратковременно в условиях нагрева до 1000°C.

| ЖАРОСТОЙКАЯ СМАЗКА | | ПФМС-4С ТУ6-02-917-74 |
|--|--|-----------------------------|
| Состав и внешний вид | | Поставка и хранение |
| Кремнеорганическая жидкость ПФМС-4, загущенная коллоидным графитом С-1 Вязкая мазеобразная однородная масса черного цвета | | Поставляется в готовом виде |
| Физико-химические свойства | | |
| Свойства | | Показатели |
| рН водной вытяжки | | 6—7 |
| Содержание воды, в % | | Не допускается |
| Эффективная вязкость при 20°C ($D = 100$ сек), в паузах | | 350 |
| Расслаивание (синерезис) при 100°C в течение 6 час в %, не более | | 8 |
| Температура затвердевания в °С, не выше | | —30 |

Применение

Для смазывания подшипников качения, шарикорезьбовых пар и резьбовых соединений, кратковременно работающих при температурах до 400°C.

| АНТИФРИКЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ | ВАП-1 (Инструкция № 853—64) |
|--------------------------|--------------------------------|
|--------------------------|--------------------------------|

| Компоненты пленкообразующего состава | Способ приготовления пленкообразующего состава | Способ нанесения и режим сушки |
|---|---|--|
| Молибденит высокой чистоты (MoS_2 , природный двусернистый молибден) высокой дисперсии Эпоксидный лак Э4100 Отвердитель № 1 Смесь растворителей (ксилол + ацетон + этилцеллозольв) | Механическим смешением компонентов на месте потребления Перед нанесением на рабочую поверхность разбавляется смесью растворителей. (Жизнеспособность более 6 мес.) | Краскораспылителем, окунанием или кистью с последующей сушкой при $18-35^\circ\text{C}$ в течение 1 час и постепенным подъемом температуры до 200°C , затем сушка при $210 \pm 10^\circ\text{C}$ в течение 1 час |

Покрытие содержит 67% MoS_2 и 33% связующего.

Физико-механические свойства покрытия толщиной 20—25 мкм

| Свойства | Показатели | |
|--|-------------------------|---|
| | до выдержи в топливе ТР | после выдержи в топливе ТР при 240°C 25 час |
| Адгезия, определенная по методикам МИ-3 и МИ-4, в баллах | 4—5 | 4—5 |
| Прочность при изгибе по прибору ШГ в мм | 1 | 3 |
| Прочность при ударе по прибору У-1 в кгсм | 50 | 50 |
| Износ покрытия при испытании на машине трения И-47К-250 по методике ВИАМ | 1,9 | 2,2 |
| Изменение в весе в мг | — | Изменений нет |

Антифрикционные свойства

(Испытание на заедание на машине И-47К-250 по методике ВИАМ)

| Условия испытания | Трущаяся пара | Антифрикционные свойства | Износ пары бронза—сталь мг * |
|--|--|---|------------------------------|
| Топливо ТС-1 $v=6,2$ м/сек | Бронза ВБ-24 без покрытия и сталь | Без заедания выдерживает давление до $22-24$ кгс/см ² | 1,5/0,8 |
| | Бронза ВБ-24 с покрытием ВАП-1 и сталь | Кoeffициент трения 0,06 Без заедания выдерживает давление до 50 кгс/см ² (предельная нагрузка машины) Кoeffициент трения 0,06 | 3/0 |
| Топливо ТР, $P=20$ кгс/см ² , $v=6,2$ м/сек | Бронза ВБ-24 без покрытия и сталь | Не выдерживает без заедания воздействие температуры более 150°C Кoeffициент трения 0,15—0,3 | |
| | Бронза ВБ-24 с покрытием ВАП-1 и сталь | Выдерживает без заедания в течение 1 час воздействие температуры до 240°C (предельно достижимая на машине) Кoeffициент трения 0,05 | 5/0 |

* В числителе приведен показатель для бронзы, в знаменателе — для стали.

Защиту металлических деталей, находящихся в контакте с покрытием, производить в соответствии с инструкцией ВИАМ № 853-64.

Применение

В качестве антифрикционного покрытия деталей трения топливной аппаратуры, топливопровода и других деталей, работающих в среде керосина и масла при комнатной и повышенных температурах (до 250°C).

Примечание. В случае применения покрытия на взаимопередвигающихся деталях в воздушной среде при температурах до 300°C допускается замена двусернистого молибдена графитом (ВАП-1г). Покрытие ВАП-1г содержит 50% графита и 50% связующего.

| АНТИФРИКЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ | | ВАП-2 (Инструкция № 853—64) |
|--|---|--|
| Компоненты пленкообразующего состава | Способ приготовления пленкообразующего состава | Способ нанесения и режим сушки |
| Молибденит высокой чистоты (MoS_2 , природный двусернистый молибден) высокой дисперсии | Механическим смешением компонентов на месте потребления Перед нанесением на рабочую поверхность разбавляется смесью растворителей. (Жизнеспособность более 6 мес.) | Краскораспылителем, окунанием или кистью с последующей сушкой при $18-35^\circ\text{C}$ в течение 1 час и постепенным подъемом температуры до 200°C , затем сушка при $210 \pm 10^\circ\text{C}$ в течение 1 час |
| Эпоксидный лак ЭП-074 Смесь растворителей (ксилол — ацетон — этилцеллозольв) | | |

Покрытие представляет собой твердую пленку, содержащую 67% двусернистого молибдена и 33% связующего.

Физико-механические свойства покрытия толщиной 15—25 мкм

| Свойства | Показатели | |
|---|----------------------|--|
| | в исходном состоянии | после выдержки в топливе Т-5 в течение 100 час при 300°C |
| Адгезия, определенная по методикам МИ-3 и МИ-4 (на бронзах, сталях и алюминиевых сплавах), в баллах | 4—5 | 4—5 |
| Прочность при изгибе по прибору ШГ в мм | 1 | 3 |
| Прочность при ударе по прибору У-1 в кгсм | 50 | 50 |

Антифрикционные свойства

| Свойства | Показатели |
|--|------------|
| Выдерживает без заедания давление на машине И-47К при $v=6,2$ м/сек, в кгс/см ² | 50 |
| Коэффициент трения (в среде керосина) | 0,06 |
| Коэффициент трения без смазки (на машине МИ-1) | 0,1 |
| Выдерживает без заедания в течение 1 час на машине И-47К-250 воздействие температуры, в $^\circ\text{C}$ | 240 |

Защиту металлических деталей, находящихся в контакте с покрытием ВАП-2, производить в соответствии с инструкцией № 853—64.

Применение

В качестве антифрикционного покрытия деталей трения, работающих в среде керосина, масла и на воздухе при комнатной и повышенных температурах (до 300°C); для устранения схватывания и фреттинг-коррозии сопряженных деталей (замки лопаток компрессора, детали крепления, шлицевые и резьбовые соединения, детали шасси и др.).

| АНТИФРИКЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ | | ВАП-3 |
|---|---|--|
| Компоненты пленкообразующего состава | Способ приготовления пленкообразующего состава | Способ нанесения и режим сушки |
| Молибденит высокой чистоты (MoS_2 , природный двусернистый молибден) высокой дисперсии Порошок свинца Эпоксидный лак ЭП-074 Смесь растворителей (ксилол — ацетон — этилцеллозольв) | Механическим смешением компонентов на месте потребления Перед нанесением на рабочую поверхность разбавляется смесью растворителей. (Жизнеспособность более 6 мес.) | Краскораспылителем, окутанием или кистью с последующей сушкой при $18-35^\circ\text{C}$ в течение 1 час и постепенным подъемом температуры до 200°C , затем сушка при $210 \pm 10^\circ\text{C}$ в течение 1 час |

Покрытие представляет собой твердую пленку, содержащую 67% наполнителя (двусернистый молибден, порошок свинца дисперсностью до 4 мкм в количестве 10—15% от веса наполнителя) и 33% связующего, отличающегося повышенной работоспособностью (продолжительность работы в 2—3 раза больше, чем у других покрытий ВАП).

Физико-механические свойства покрытия толщиной 15—25 мкм

| Свойства | Показатели | | | |
|--|----------------------|--|--|--|
| | в исходном состоянии | после выдержки в топливе Т-5 при 200°C в течение 100 час | после выдержки в воздушной среде при 200°C в течение 300 час | после выдержки в воздушной среде при 300°C в течение 100 час |
| Адгезия, определенная по методикам МИ-3 и МИ-4 (на бронзах, сталях, алюминиевых сплавах), в баллах | 4—5 | 4—5 | 4—5 | 4—5 |
| Прочность при изгибе по прибору ШГ в мм | 1 | 1 | 1—3 | 1—3 |
| Продолжительность работы на машине трения МИ-1 при: $P=25 \text{ кгс/см}^2$, $v=0,4 \text{ м/сек}$ и сухом трении в час | 50 | — | 47—50 | 35 |

Продолжение

| Свойства | Показатели | | | |
|--|----------------------|--|--|--|
| | в исходном состоянии | после выдержки в топливе Т-5 при 200°C в течение 100 час | после выдержки в воздушной среде при 200°C в течение 300 час | после выдержки в воздушной среде при 300°C в течение 100 час |
| $P=25 \text{ кгс/см}^2$, $v=0,4 \text{ м/сек}$ и трении в топливе в час | 50 | 50 | — | — |
| Коэффициент трения при работе без смазки на машине трения МИ-1 | 0,05—0,06 | 0,08—0,09 | 0,06—0,08 | 0,07—0,08 |
| Предельно выдерживаемое давление на машине Х-2 в топливе Т-5 при $v=1,2 \text{ м/сек}$ в кгс/см^2 | 540 | 540 | 470 | 440 |

Защиту металлических деталей, находящихся в контакте с покрытием ВАП-3, производить в соответствии с инструкцией ВИАМ № 853-64.

Применение

В качестве антифрикционного покрытия деталей трения, работающих в среде керосина, масла и на воздухе при комнатной и повышенных температурах (до 300°C); для устранения схватывания и фреттинг-коррозии сопряженных высоконагруженных деталей (шарнирные, болтовые соединения и др.).

Глава 2

ПРИПОИ И ФЛЮСЫ ДЛЯ ПАЙКИ

Процесс пайки состоит в заполнении зазора между соединяемыми металлами жидким припоем под воздействием капиллярных сил и его кристаллизации при охлаждении. Металлы в месте соединения нагреваются до температуры, более низкой, чем температура расплавления, и сохраняются в твердом состоянии.

Различают высокотемпературную пайку, когда температура нагрева в месте контакта соединяемых металлов и припоя выше 723°K , и низкотемпературную, когда температура нагрева не превышает 723°K .

Низкотемпературная пайка применяется в тех случаях, когда от паяных соединений не требуется высокой прочности, а нужна герметичность соединения или хороший металлический контакт. Для устранения окисных плен между припоем и металлами или сплавами, а также для предупреждения их окисления при пайке применяют флюсы, специальные защитные или восстановительные газовые среды, вакуум и различные способы механического или кавитационного разрушения окисной пленки. Например, для удаления окисной пленки при пайке алюминиевых сплавов применяют флюсы, а также ультразвуковые паяльники, абразивные карандаши, щетки и другие механические способы.

В качестве припоев используются металлы или сплавы, более легкоплавкие, чем материал паяемых деталей, образующие достаточно прочные, плотные, пластичные и коррозионностойкие соединения. Припой применяются в виде проволоки, фольги, паяльных паст, порошка, стружки, гранулированных зерен.

В данном разделе приводятся припой, применяемые в авиационной и других отраслях промышленности. Для удобства припой сгруппированы по следующим признакам: низкотемпературные, содержащие олово,— для пайки меди, медных сплавов и сталей (табл. 1—3); низкотемпературные, содержащие серебро,— для пайки меди и ее сплавов (табл. 4—5); высокотемпературные, содержащие серебро,— для пайки различных сплавов (табл. 6—7); высокотемпературные на медной основе — для пайки меди и сталей

(табл. 8—9); в особую группу выделены припой для пайки алюминиевых сплавов (табл. 10, 11).

Широкое распространение в промышленности получили припой ВПр1, ВПр2, ВПр3, ВПр4, ВПр6, ВПр7, ВПр9, разработанные ВИАМ за последние десять лет. В таблицах приводятся физико-механические свойства, коррозионная стойкость этих припоев и области их применения.

В табл. 12 для сравнения представлены данные по прочности паяных соединений различных материалов, выполненных с помощью некоторых припоев с различным химическим составом. Перечень применяемых в промышленности припоев, имеющих документацию, дан в табл. 13.

В конце раздела перечислены флюсы, применяемые при пайке различных металлов.

Таблица 1

Низкотемпературные припои, содержащие олово, для пайки меди, медных сплавов и сталей (ГОСТ 1499—70)

| Марка припоя | Химический состав, % | | | | | | | | | | | | | Температура плавления °С | |
|--------------|----------------------|---------|-------|-----------|------|------|-------------------|-------|------|---------|------|-------|-------|--------------------------|----------|
| | основные компоненты | | | | | | примеси, не более | | | | | | | | |
| | Sn | Sb. | Cd | Pb | Sb | Cu | Bi | As | Fe | Ni | S | Zn | Al | | соли-дус |
| Олово 02 * | 99,565 | — | — | — | 0,05 | 0,03 | 0,05 | 0,015 | 0,02 | Pb=0,25 | 0,02 | — | — | 232 | 232 |
| Олово 03 * | 98,40 | — | — | — | 0,30 | 0,10 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | Pb=1,0 | 0,04 | — | — | 232 | 232 |
| ПОС90 | 89—91 | — | — | Остальное | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 183 | 220 |
| ПОС61 | 60—62 | — | — | То же | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 183 | 190 |
| ПОСК50-18 | 49—51 | — | 17—19 | » | 0,20 | 0,08 | 0,1 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 142 | 145 |
| ПОССу50-0,5 | 49—51 | 0,2—0,5 | — | » | — | 0,08 | 0,1 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 183 | 216 |
| ПОС40 | 39—41 | — | — | » | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 183 | 238 |
| ПОССу30-2 | 29—31 | 1,5—2,0 | — | » | — | 0,10 | 0,2 | 0,05 | 0,02 | 0,08 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 185 | 250 |
| ПОССу4-6 | 3—4 | 5,0—6,0 | — | » | — | 0,10 | 0,2 | 0,05 | 0,02 | 0,08 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 244 | 270 |
| ПОССу61-0,5 | 60—62 | 0,2—0,5 | — | » | — | 0,08 | 0,1 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 183 | 189 |
| ПОССу40-0,5 | 39—41 | 0,2—0,5 | — | » | — | 0,08 | 0,1 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 183 | 235 |
| ПОССу40-2 | 39—41 | 1,5—2,0 | — | » | — | 0,10 | 0,2 | 0,05 | 0,02 | 0,08 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 183 | 229 |
| ПОССу30-0,5 | 29—31 | 0,2—0,5 | — | » | — | 0,08 | 0,1 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 183 | 255 |
| ПОССу5-1 | 4—5 | 0,5—1,0 | — | » | — | 0,10 | 0,2 | 0,05 | 0,02 | 0,08 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 275 | 308 |
| ПОССу8-3 | 7—8 | 2,0—3,0 | — | » | — | 0,10 | 0,2 | 0,05 | 0,02 | 0,08 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 240 | 290 |

* ГОСТ 860—60. (Сумма определяемых примесей: олово 02 — 0,435%, олово 03 — 1,60%).

Таблица 2

Физико-механические свойства и назначение низкотемпературных припоев, содержащих олово

| Марка припоя | σ_B | $\tau_{ср}$ | δ_{10} | a_n | d | Назначение |
|--------------|---------------------|-------------|---------------|-------------------------|-------------------|--|
| | кгс/мм ² | | % | кгс · м/см ² | кг/м ³ | |
| Олово 02 | 1,9 | 2,2 | 43 | — | 7300 | Пайка и лужение меди, латуни и стали |
| ПОС90 | 4,9 | 2,7 | 40 | 4,2 | 7600 | Пайка изделий медицинского назначения |
| ПОС61 | 4,3 | 4,2 | 46 | 3,9 | 8540 | Пайка деталей радио- и электроаппаратуры, а также точных приборов, не допускающих перегрева |
| ПОССу61-0,5 | 4,5 | — | 35 | 3,7 | 8500 | |
| ПОСК50-18 | 4,0 | — | 40 | 4,9 | 8800 | Пайка деталей электро- и радиоаппаратуры и ответственных монтажных соединений, не допускающих высокотемпературного нагрева |
| ПОССу50-0,5 | 3,8 | 4 | 62 | 4,4 | 8830 | Пайка авиационных радиаторов и изделий из меди, латуни и белой жести |
| ПОС40 | 3,8 | 3,7 | 52 | 4,0 | 9310 | Пайка радиаторов, электроаппаратуры и для электромонтажных работ |
| ПОССу40-0,5 | 4,0 | — | 50 | 4,0 | 9300 | |
| ПОССу40-2 | 4,3 | — | 48 | 2,8 | 9200 | |
| ПОССу30-2 | 4,0 | 3,4 | 40 | 2,5 | 9690 | Лужение деталей радиаторов и подшипников, заливаемых свинцовистыми баббитами. |
| ПОССу30-0,5 | 3,6 | — | 45 | 3,9 | 9700 | Пайка деталей из железа, меди и латуни, а также оцинкованной стали |
| ПОССу4-6 * | 6,5 | 3,6 | 15 | 0,8 | 10700 | Лужение железа и пайка деталей, работающих при повышенных температурах * |
| ПОССу5-1 * | 3,3 | — | 40 | 2,8 | 11200 | |
| ПОССу8-3 * | 4,0 | — | 43 | 1,7 | 10500 | |

* Не пригоден для пайки оцинкованного железа и цинка.

Таблица 3

Прочность некоторых соединений, паянных припоями, содержащими олово

| Марка припоя | Пайка внахлестку | | | | | | Пайка встык | | | |
|--------------|------------------|------|--------|---------------------|--------------|---------------------------------|-------------|------|--------|----------------------------------|
| | латунь | медь | железо | оцинкованное железо | луженая жечь | $\tau_{ср}$ кгс/мм ² | латунь | медь | железо | $\sigma_{в}$ кгс/мм ² |
| | | | | | | | | | | |
| Олово 02 | 4,5 | 4,6 | 3,8 | 5,1 | — | | 5,9 | 9,0 | 7,9 | |
| ПОС61 | 3,5 | 3,5 | 3,6 | 3 | — | | 8 | 9,7 | 9,8 | |
| ПОССу50-0,5 | 5,3 | — | — | — | — | | 9,4 | — | 6,7 | |
| ПОС40 | 4,6 | 3,7 | 6,3 | 4,7 | 4,9 | | 8 | 7,8 | 10,0 | |
| ПОССу30-0,5 | 2,8 | 2,7 | 5 | 1,2 | 3,6 | | 8,8 | 9,1 | 11,5 | |
| ПОССу4-6 | 2,6 | 1,6 | 2,6 | 0,4 | — | | 7,7 | — | — | |

Таблица 4

Низкотемпературные припои, содержащие серебро, для пайки меди и медных сплавов

| Марка припоя | ГОСТ или ТР | Химический состав в % | | | | | | | | Примеси, не более |
|--------------|--------------|-----------------------|----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----|-------------------|
| | | Pb | Sn | Zn | Ag | Ni | Cd | Bi | | |
| ВПр14 | ТР6-898 | 25,0±0,5 | 25,0±0,5 | — | 1,3±0,3 | — | — | Остальное | 0,5 | |
| ПСр3Кд | ГОСТ 8190—56 | — | — | 1,0±0,5 | 3,0±0,5 | — | 96,0±1,0 | — | 0,5 | |
| ПСр3 | ГОСТ 8190—56 | 97,0±1,0 | — | — | 3,0±0,3 | — | — | — | 0,5 | |
| ПСр2,5 | ГОСТ 8190—56 | 92,0±1,0 | 5,5±0,5 | — | 2,5±0,3 | — | — | — | 0,5 | |
| ПСр1,5 | ГОСТ 8190—56 | 83,5±1,5 | 15,0±1,0 | — | 1,5±0,3 | — | — | — | 0,5 | |
| ПСр8КЦН | ТР6-632 | — | — | 6,0±1 | 8,0±1 | 2,0±0,5 | Остальное | — | 0,1 | |
| ПСр5КЦН | ТР6-632 | — | — | 2,0±0,5 | 5,0±1 | 2,0±0,5 | То же | — | 0,1 | |

Физико-механические свойства припоев, содержащих серебро

| Марка припоя | Температура °C | | σ _в при температурах (в °C) | | | δ ₅ % | d кг/м ³ |
|--------------|------------------|----------------------|--|---------|-----|------------------|---------------------|
| | начала плавления | полного расплавления | кгс/мм ² | | | | |
| | | | 20 | 200 | 250 | | |
| ВПр14 | 85 | 90 | 5,2 | — | — | 34 | 9400 |
| ПСр3Кд | 310 | 340 | 13,5 | 3,5 | 0,8 | 3 | 8700 |
| ПСр2 | 300 | 305 | 3,1 | 1,2 | 0,6 | 45 | 11300 |
| ПСр2,5 | 295 | 305 | — | — | — | — | 11000 |
| ПСр1,5 | 265 | 270 | — | — | — | — | 10400 |
| ПСр8КЦН | 330 | 370 | 15—18 | 4,0—6,0 | — | 0,4—3,0 | 8800 |
| ПСр5КЦН | 315 | 355 | 15—16 | 4,5—6,0 | 4,0 | 3,5—9,5 | 8800 |

Таблица 6

Высокотемпературные припои, содержащие серебро, для пайки меди, медных сплавов и сталей (ГОСТ 8190—56)

| Марка припоя | Химический состав в % | | | | | | |
|--------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------|-------------------------------------|-----------------------------|
| | Ag | Cu | Zn | Cd | Ni | P | Примеси, не более |
| ПСр15 | 15±0,5 | 80,2±1,0 | — | — | — | 4,8 ^{+0,2} _{-0,3} | 0,5 |
| ПСр25 | 25±0,3 | 40±1,0 | 35 ^{+1,5} _{-2,0} | — | — | — | 0,5 (в том числе 0,15 Pb) |
| ПСр25Ф | 25±0,5 | 70±1,0 | — | — | — | 5,0±0,5 | 0,5 |
| ПСр40 | 40±1,0 | 16,7 ^{+0,7} _{-0,3} | 17 ^{+0,8} _{-0,4} | 26,0 ^{+0,5} _{-0,1} | 0,3±0,2 | — | 0,5 (в том числе 0,2 Pb) |
| ПСр45 | 45±0,5 | 30±0,5 | 25 ^{+1,0} _{-1,5} | — | — | — | 0,5 (в том числе 0,15 Pb) |
| ПСр65 | 65±0,5 | 20±0,5 | 15 ^{+1,0} _{-1,5} | — | — | — | 0,5 (в том числе 0,15 Pb) |
| ПСр70 | 70,0±0,5 | 26,0±0,5 | 4,0±1,0 | — | — | — | 0,5 (в том числе 0,15 Pb) |
| ПСр72 | 72,0±0,5 | 28 ^{+0,5} _{-0,7} | — | — | — | — | 0,25 (в том числе 0,005 Pb) |
| ПСр71 | 71±0,5 | 28,0 ^{+0,7} _{-1,0} | — | — | — | 1,0±0,2 | 0,3 |
| ПСрЛНМ72 * | 72±0,5 | Остальное | — | — | 1±0,3 | 0,2±0,05 Li | 0,25 (в том числе 0,005 Pb) |
| ПСр92 ** | 92±1 | 7,7±1 | — | — | — | 0,3±0,1 Li | 0,25 (в том числе 0,005 Pb) |

* ЦМТУ 07-41-68.

** ЦМТУ 07-9-67.

Таблица 7

Физико-механические свойства и назначение высокотемпературных припоев

| Марка припоя | Температура, °C | | σ_b кгс/мм ² | δ_5 % | d кг/м ³ | Назначение |
|--------------|------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--|
| | начала плавления | полного расплавления | | | | |
| ПСр25 | 745 | 775 | — | — | 8700 | Пайка деталей арматуры, авиационных радиаторов, патрубков, коллекторов и трубопроводов из меди и стали |
| ПСр25Ф | 650 | 710 | — | — | 8500 | |
| ПСр40 | 595 | 605 | 38—44 | 18—37 | 8400 | Пайка латунных и бронзовых деталей авиационных приборов |
| ПСр45 | 660 | 725 | 37—61 | 16—35 | 9100 | |
| ПСр65 | 700 | 730 | — | — | 9600 | Получение швов повышенной прочности на стали |
| ПСр15 | 635 | 810 | — | — | 8300 | Пайка медных проводов и деталей электродвигателей (место спая должно обладать высокой электропроводностью) |
| ПСр70 | 730 | 755 | — | — | 9800 | Пайка деталей вакуумных приборов |
| ПСр72ЛМН | 780 | 789 | — | — | 9900 | |
| ПСр72 | 779 | 779 | — | — | 9900 | Пайка высокопрочных коррозионно-стойких сталей |
| ПСр92 | 880 | 920 | — | — | — | |

Таблица 8

Высокотемпературные припои на медной основе для пайки меди, медных сплавов и сталей

| Марка припоя | ГОСТ или ОСТ | Химический состав в % | | | | |
|--------------|---------------|-----------------------|-----------|---------|---------|---------|
| | | основные компоненты | | | | |
| | | Cu | Zn | Si | P | Sn |
| Л63 | ГОСТ 15527—70 | 62,0—65,0 | Остальное | — | — | — |
| ЛК62-0,5 | ГОСТ 16130—72 | 60,5—63,5 | То же | 0,3—0,7 | — | — |
| ЛОК59-1-0,3 | ГОСТ 16130—72 | 58,0—60,0 | » | 0,2—0,4 | — | 0,7—1,1 |
| ПФОЦ7-3-2 | ОСТ1 90056—72 | Основа | 1,0—3,0 | — | 5,0—7,0 | 2,5—3,5 |

Продолжение

| Марка припоя | ГОСТ или ОСТ | Химический состав в % | | | | | | |
|--------------|---------------|-----------------------|------|-------|-------|------|------|-------|
| | | примеси, не более | | | | | | |
| | | Pb | Fe | Sb | Bi | As | P | Всего |
| Л63 | ГОСТ 15527—70 | 0,07 | 0,2 | 0,005 | 0,002 | — | 0,01 | 0,5 |
| ЛК62-0,5 | ГОСТ 16130—72 | 0,08 | 0,15 | 0,005 | 0,002 | — | 0,01 | 0,5 |
| ЛОК59-1-0,3 | ГОСТ 16130—72 | 0,1 | 0,15 | 0,01 | 0,003 | 0,01 | 0,01 | 0,3 |
| ПФОЦ7-3-2 | ОСТ1 90056—72 | — | — | 0,1 | 0,005 | — | — | 0,8 |

Физико-механические свойства и назначение припоев на основе меди

| Марка припоя | Температура, °С | | $\sigma_{\text{в}}$ кгс/мм ² | d кг/м ³ | Назначение |
|--------------|------------------|----------------------|--|--------------------------|---|
| | начала плавления | полного расплавления | | | |
| Л63 | 900 | 905 | 35 | 8500 | Пайка стальных труб и других изделий из стали |
| ЛК62-0,5 | 897 | 900 | — | — | Пайка медных труб и других изделий из конструкционной стали |
| ЛОК59-1-0,3 | 880 | 900 | 45 | 8600 | Пайка меди, стали, никеля, серого чугуна. Обеспечивается более высокая плотность шва, чем при применении припоя Л63, и поэтому рекомендуется для пайки изделий, работающих под давлением |
| ПФОЦ7-3-2 | 680 | 700 | 43—45 | 8000 | Применяется в качестве заменителя серебряных припоев. Пайка медных и латунных деталей электромашин и аппаратуры, оборудования, приборов и других деталей, не подвергающихся при эксплуатации значительным нагрузкам. (Для пайки стали припой не пригоден) |

Таблица 10

Припой для пайки алюминиевых сплавов

| Марка припоя | ГОСТ, ТУ или ТР | Химический состав в % | | | | | | | |
|--------------|-----------------|-----------------------|-----------|---------|---------|--------------------|-------|--------|--------|
| | | основные элементы | | | | | | | |
| | | Cu | Si | Zn | Mn | Al | Ag | Sn | Cd |
| СИЛ-1 | ГОСТ 1521—68 | — | 10,0—13,0 | — | — | Остальное То же | — | — | — |
| СИЛ-2 | ГОСТ 1521—68 | — | 10,0—13,0 | — | — | — | — | — | — |
| 34А | АМТУ 276-71 | 27,0—29,0 | 5,5—6,5 | — | — | » | — | — | — |
| П590А * | ТР6-1004 | 10±1 | 1,0±0,1 | — | — | » | — | — | — |
| П575А * | ТР6-1004 | — | — | 20±1 | — | » | — | — | — |
| П550А | ТР6-1004 | 27±1 | 6±1 | — | 1,5±0,1 | » | — | — | — |
| П300А | ТР6-1004 | — | — | 60±1 | — | — | — | — | 40±1 |
| П250А | ТР6-1004 | — | — | 20±1 | — | — | — | 80±1 | — |
| П200А | ТР6-1004 | — | — | 10±1 | — | — | — | 90±1 | — |
| П170А | ТР6-1004 | — | — | — | — | — | 1±0,1 | 79±1 | 20±1 |
| П150А | ТР6-1004 | — | — | 3,8±0,3 | — | — | — | 38,5±1 | 57,7±1 |

* Припой 575А и 590А могут применяться для пайки деталей, подвергающихся анодированию.

| Марка припоя | ГОСТ, ТУ или ТР | Химический состав в % | | | | | | |
|--------------|-----------------|-----------------------|-----|------|------|-----|------|-------|
| | | примесей, не более | | | | | | |
| | | Fe | Mn | Ca | Ti | Cu | Zn | всего |
| СИЛ-1 | ГОСТ 1521—68 | 0,50 | 0,5 | 0,10 | 0,15 | 0,3 | 0,08 | |
| СИЛ-2 | ГОСТ 1521—68 | 0,70 | 0,5 | 0,20 | 0,20 | 0,3 | 0,08 | |
| 34А | АМТУ 276-71 | — | — | — | — | — | — | 0,5 |
| П590А * | ТР6-1004 | — | — | — | — | — | — | 0,5 |
| П575А * | ТР6-1004 | — | — | — | — | — | — | 0,5 |
| П550А * | ТР6-1004 | — | — | — | — | — | — | 0,5 |
| П300А | ТР6-1004 | — | — | — | — | — | — | 0,5 |
| П250А | ТР6-1004 | — | — | — | — | — | — | 0,5 |
| П200А | ТР6-1004 | — | — | — | — | — | — | 0,5 |
| П170А | ТР6-1004 | — | — | — | — | — | — | 0,5 |
| П150А | ТР6-1004 | — | — | — | — | — | — | 0,5 |

* Припой 575А и 590А могут применяться для пайки деталей, подвергающихся анодированию.

Таблица II

Физико-механические свойства припоев для пайки алюминиевых сплавов

| Марка припоя | Температура, °С | | σ_B кгс/мм ² | δ_5 % | d кг/м ³ |
|---------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|
| | начала плавления | полного расплавления | | | |
| СИЛ-1, СИЛ-2 (силумин) | 577 | 577 | 17—19 | 1—2 | 2700 |
| 34А | 525 | 525 | 18—24 | 1 | 3300 |
| П590А | 560 | 590 | 7,5—11,5 | 0 | 2890 |
| П575А | 550 | 575 | 19—23 | 0 | 3080 |
| П550А | 550 | 550 | 12—17 | 0 | 3410 |
| П480А | 480 | 490 | 17—19 | 0 | 5690 |
| П300А | 260 | 310 | 3,5—13,0 | 0 | 7730 |
| П250А | 200 | 250 | 4,5—5,0 | 26—35 | 7300 |
| П200А | 199 | 210 | 4,0—4,5 | 48—52 | 7320 |
| П170А | 170 | 175 | 5,5—7,5 | 35—40 | 7620 |
| П150А | 150 | 170 | 6,5—7,5 | 40—44 | 8040 |

Таблица 12

Сравнительная таблица прочности соединений, выполненных различными припоями

| Марка припоя | $\sigma_{\text{в}}$ | | $\tau_{\text{ср}}$ | $\sigma_{\text{в}}$ | $\tau_{\text{ср}}$ | $\sigma_{\text{в}}$ | $\tau_{\text{ср}}$ | | $\sigma_{\text{в}}$ | $\tau_{\text{ср}}$ | | $\sigma_{\text{в}}$ | | |
|-------------------|--|--|--------------------|---------------------|--|---------------------|---------------------|----------------|---------------------|---------------------|----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| | медь | | | | | | латунь Л63 | | | сталь 30ХГСА | | | сталь Х18Н10Т | |
| | пайка внахлестку | пайка встык | | | | | пайка внахлестку | пайка встык | | пайка внахлестку | пайка встык | | пайка внахлестку | пайка встык |
| кгс/мм^2 | | | | | | | | | | | | | | |
| ПСр40 | Разруше- ние по ос- новному металлу | Разруше- ние по ос- новному металлу | 19—22 | 15—19 | Разруше- ние по ос- новному металлу | 32—34 | 29,5—37,5 | 35,5—44,0 | 48,5—66,5 | 23,5—28,5 | 51—63,5 | | | |
| | | | | | | | 17—21 | — | — | — | — | | | |
| ПФОЦ7-3-2 | | | | | | | | | | | | | | |
| ПСр45 | 19,6—20,0 | Разруше- ние по ос- новному металлу | | | Разруше- ние по ос- новному металлу | | 26,6—32,7 | — | 49,6—58,5 | — | 42,2—57,2 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| ПСр8КЦН | 4,4 | — | | | 4 | | — | — | — | — | — | | | |
| ПСр5КЦН | 5,4 | — | | | 5,5 | | — | — | — | — | — | | | |

Таблица 13

Перечень припоев, применяемых в промышленности

| Марка припоя | Документ, регламентирующий изготовление припоя |
|--------------|--|
| Олово 02; 03 | ГОСТ 860—60 |
| ПОС90 | ГОСТ 1499—70 |
| ПОС61 | ГОСТ 1499—70 |
| ПОССу50-0,5 | ГОСТ 1499—70 |
| ВПр9 | ЦМТУ 07-209-69 |
| ПСр1,5 | ГОСТ 8190—56 |
| ПСр2,5 | ГОСТ 8190—56 |
| ПСр3 | ГОСТ 8190—56 |
| ПСр3Кд | ГОСТ 8190—56 |
| ПСр5КЦН | ТР6-632 |
| ПСр8КЦН | ТР6-632 |
| ПСр15 | ГОСТ 8190—56 |
| ПСр25 | ГОСТ 8190—56 |
| ПСр40 | ГОСТ 8190—56 |
| ПСр45 | ГОСТ 8190—56 |
| ПСр50Кд | ГОСТ 8190—56 |
| ПСр70 | ГОСТ 8190—56 |
| ПСр71 | ГОСТ 8190—56 |
| ПСр72 | ГОСТ 8190—56 |
| ПФОЦ7-3-2 | ОСТ1 90056—72 |
| П200А | ТР6-1004 |
| ПОС40 | ГОСТ 1499—70 |
| П250А | ТР6-1004 |
| ПОССу30-0,5 | ГОСТ 1499—70 |
| ПОССу4-6 | ГОСТ 1499—70 |
| ПОССу30-2 | ГОСТ 1499—70 |
| ПОСК50-18 | ГОСТ 1499—70 |
| ПОССу61-0,5 | ГОСТ 1499—70 |
| ПОССу40-0,5 | ГОСТ 1499—70 |
| ПОССу40-2 | ГОСТ 1499—70 |
| ПОССу5-1 | ГОСТ 1499—70 |

Продолжение

| Марка припоя | Документ, регламентирующий изготовление припоя |
|-------------------|--|
| 34А | АМТУ 276-71 |
| П550А | ТР6-1004 |
| Силумин | ГОСТ 1521—68 |
| АЛ2 | ГОСТ 2685—63 |
| ПОССу8-3 | ГОСТ 1499—70 |
| ВПр15 | ТР6-951 |
| ВПр16 | ТР6-973 |
| ВПр1 | АМТУ 538-68 |
| П590А | ТР6-1004 |
| П575А | ТР6-1004 |
| ВПр4 | АМТУ 539-68 |
| ЛК62-0,5 | ГОСТ 16130—72 |
| ЛОК59-1-0,3 | ГОСТ 16130—72 |
| Л63 | ГОСТ 15527—70 |
| П150А | ТР6-1004 |
| П170А | ТР6-1004 |
| ПСр72ЛНМ | ЦМТУ 07-41-68 |
| ВПр6 | ЦМТУ 07-209-69 |
| ВПр7 | АМТУ 540-68 |
| ВПр8 | АМТУ 541-68 |
| ПСр92 | ЦМТУ 07-9-67 |
| ВПр11 | ТР6-1007 |
| ВПр14 | ТР6-898 |
| ВПр13 | ТУ 48-0714-10-73 |
| ВПр2 | ОСТ1 90082—73 |
| ВПр12 (ПСр0,5-40) | ТУ 48-1-323-72 |
| ВПр10 | ТУ 1-92-16-73 |

ПРИПОЙ ДЛЯ ПАЙКИ МЕДНЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ К СЕТОЧНЫМ ЛЕНТАМ ИЗ МОЛИБДЕНОВОЙ НИКЕЛИРОВАННОЙ ПРОВОЛОКИ
**ВПр12 (ПСр0,5-40)
ТУ 48-1-323-72**

Химический состав в %

| Sn | Ag | Cu | Sb | P | Pb | Примеси, не более |
|-------|---------|---------|---------|---------|-----------|-------------------|
| 39—41 | 4,5—5,5 | 4,5—5,5 | 1,3—1,7 | 0,1—0,2 | Остальное | 0,5 |

Механические свойства паяных соединений при различных температурах

| Паяемый материал (соединение внахлестку) | $\tau_{\text{ср}}^*$ [в кгс/мм ²] при температуре, °C | | | |
|---|---|---------|---------|---------|
| | —70 | 20 | 100 | 150 |
| Медь + молибден (с никелевым покрытием) | 2,0—3,9 | 2,8—4,3 | 2,3—3,9 | 2,2—2,5 |

* Разрушение по месту пайки.

Физические свойства

Плотность 9380 кг/м³.

Температура плавления 220—300°C.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 100—150 |
|----------------------------|--------|---------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 23,0 | 16,5 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 25 | 100 | 150 |
|-----------------------|------|------|------|
| λ Вт/м · град | 54,4 | 46,0 | 30,8 |

Удельное электросопротивление

| | |
|--|------|
| Температура °C | 20 |
| $\rho \cdot 10^6 \text{ ом} \cdot \text{см}$ | 17,7 |

Коррозионная стойкость

Паяные соединения меди с молибденом, покрытые никелем, в тропической камере, камере морского тумана и в промышленной атмосфере после трехмесячного испытания обладают удовлетворительной коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Пайку припоем производят электропаяльником с применением в качестве флюса канифоли, раствора канифоли в спирте и других материалов. Температура пайки 320—360°C.

Технологическая пластичность припоя удовлетворительная.

Применение

Пайка медных электропроводов к сеточным лентам из молибденовой никелированной проволоки и к силикатно-серебряным шинкам.

Рабочая температура соединений от —60 до 150°C.

КОРРОЗИОННОСТОЙКИЙ ПРИПОЙ ДЛЯ ПАЙКИ
МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВВПр9 (ПСrM05)
(ЦМТУ 07-209-69)

Химический состав в %

| Ag | Cu | Sb | Sn | Примеси, не более | |
|---------|---------|---------|-----------|-------------------|----------------|
| | | | | всего | в том числе Pb |
| 4,5—5,5 | 1,5—2,5 | 0,8—1,2 | Остальное | 0,5 | 0,2 |

Механические свойства паяных соединений при различных температурах

| Паяемый материал (соединение внахлестку) | $\tau_{\text{ср}}$ [кгс/мм ²] при температуре, °C | | |
|---|---|-------|-------|
| | —70 | 20 | 150 |
| Медь, покрытая оловом или серебром | 5—7 | 3,5—6 | 2,5—3 |

Физические свойства

Плотность 7510 кг/м³.

Температура плавления 215—245°C.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—200 | 20—300 |
|------------------------------------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6 \text{ 1/град}$ | 27,1 | 26,2 |

| Температура, °C | 100—200 |
|------------------------------------|---------|
| $\alpha \cdot 10^6 \text{ 1/град}$ | 25,3 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 25 | 100 | 200 |
|--|------|------|------|
| $\lambda \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$ | 67,0 | 62,8 | 58,6 |

Удельное электросопротивление

| | |
|--|------|
| Температура °C | 20 |
| $\rho \cdot 10^6 \text{ ом} \cdot \text{см}$ | 13,0 |

Коррозионная стойкость

Припой обеспечивает удовлетворительную коррозионную стойкость паяных соединений меди и латуни в различных климатических условиях без дополнительной защиты паяного соединения лакокрасочными покрытиями.

Технологические данные

Пайку производят электропаяльником с применением канифоли, спирто-канифольного флюса, а также других флюсов, применяемых при пайке оловянно-свинцовыми припоями.

Рабочая температура соединений от -70 до 150°C .

Применение

Припой предназначен для низкотемпературной пайки деталей из меди и ее сплавов преимущественно для монтажных соединений.

КОРРОЗИОННОСТОЙКИЙ ПРИПОЙ ДЛЯ ПАЙКИ
МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВВПр6 (ПСрОСу8)
(ЦМТУ 07-209-69)

Химический состав в %

| Ag | Sb | Sn | Примеси, не более | |
|---------|---------|-----------|-------------------|----------------|
| | | | всего | в том числе Pb |
| 7,5—8,5 | 7,0—8,0 | Остальное | 0,5 | 0,2 |

Механические свойства паяных соединений при различных температурах

| Паяемый материал (соединение внахлестку) | $\tau_{\text{ср}}$ [в кгс/мм ²] при температуре, °C | | |
|---|---|---------|---------|
| | -70 | 20 | 200 |
| Медь, покрытая оловом или серебром | 5,5—8,5 | 5,5—8,5 | 1,8—3,0 |

Физические свойства

Плотность 7580 кг/м³.

Температура плавления $235-270^\circ\text{C}$.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—200 |
|------------------------------------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6 \text{ 1/град}$ | 19,9 | 20,5 |

| Температура °C | 100—200 |
|------------------------------------|---------|
| $\alpha \cdot 10^6 \text{ 1/град}$ | 21,2 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 25 | 100 | 200 |
|--|------|------|------|
| $\lambda \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$ | 48,1 | 50,2 | 52,3 |

Удельное электросопротивление

| | |
|--|------|
| Температура °C | 20 |
| $\rho \cdot 10^6 \text{ ом} \cdot \text{см}$ | 17,9 |

Коррозионная стойкость

Припой обеспечивает удовлетворительную коррозионную стойкость паяных соединений меди и латуни при работе в различных климатических условиях без дополнительной защиты лакокрасочными покрытиями.

Технологические данные

Пайку производят электропаяльником с применением канифоли, спирто-канифольного флюса, а также других флюсов, применяемых при пайке оловянно-свинцовыми припоями.

Рабочая температура соединений от -70 до 200°C .

Применение

Припой предназначен для низкотемпературной пайки деталей из стали, меди и медных сплавов преимущественно для монтажных соединений.

ПРИПОЙ ДЛЯ ПАЙКИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

ВПр15
(ТР6-951)

Химический состав в %

| Mg | Cu | Al | Cd | Ag | Примеси, не более |
|---------|---------|---------|-------|--------|----------------------|
| 0,3—0,8 | 2,0—3,5 | 0,3—0,6 | 13—16 | Основа | 0,5 |

Механические свойства паяных соединений при различных температурах

| Паяемый материал (соединение внахлестку) | $\tau_{\text{ср}}$ при температуре в $^\circ\text{C}$ [кгс/мм ²] | | | | | |
|--|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| | -196 | -70 | 20 | 300 | 400 | 500 |
| Сплав ВТ6С | 24,0—26,5 | 20,5—22,5 | 17,5—22,0 | 13,5—14,5 | 11,0—12,5 | 8,5 |

Физические свойства

Плотность 9840 кг/м^3 .

Температура плавления $860—880^\circ\text{C}$.

Коррозионная стойкость

Соединения, паянные припоем ВПр15, обладают более высокой коррозионной стойкостью по сравнению с паянными припоем ПСр92; в 3%-ном растворе NaCl и солевом тумане коррозионная стойкость соединений низкая. Рекомендуется в этих случаях применять защиту лакокрасочными или никельфосфорным покрытиями.

Технологические данные

Пайку производят при нагреве в печах или токами высокой частоты, в вакууме ($10^{-3} \div 10^{-4} \text{ тор}$) или среде инертных газов (аргон, гелий).

Припой поддается обработке давлением и может быть получен в виде листа, фольги и проволоки.

Применение

Пайка деталей титановых сплавов ВТ5-1, ВТ6, ВТ6С, ВТ9, ВТ15, ВТ3-1 и ВТ23, работающих при температурах до 400°C .

| ПРИПОЙ ДЛЯ ПАЙКИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ | ВПр16 (ТР6-973) |
|------------------------------------|--------------------|
|------------------------------------|--------------------|

Химический состав в %

| Cu | Zr | Ni | Ti | Примеси, не более |
|-------|---------|---------|--------|----------------------|
| 22—24 | 12—13,5 | 8,5—9,5 | Основа | 0,5 |

Механические свойства паяных соединений при различных температурах

| Паяемый материал (соединение внахлестку) | Способ нагрева | $\tau_{\text{ср}}$ при температуре в °C [кгс/мм ²] | | |
|--|------------------------------|--|---------|-------|
| | | 20 | 400 | 500 |
| Сплав ОТ4 | В печи при 930°C — 20 мин | 36—42 | >32,5 * | >32 * |

* Разрушение по основному материалу при нахлестке, равной толщине образца (зазор 0,01—0,08 мм).

Физические свойства

Плотность 5770 кг/м³.

Температура плавления 910—920°C.

Коррозионная стойкость

Паяные соединения обладают высокой коррозионной стойкостью в различных климатических условиях.

Технологические данные

Пайку производят при нагреве в печах или токами высокой частоты, в вакууме (10^{-3} — 10^{-4} тор) или среде инертных газов (аргон, гелий).

Припой хрупок, не поддается ковке и прокатке, изготавливается в виде литых прутков или порошков. Пасту готовят путем смешивания порошка, просеянного через сито с ячейкой не большей, чем у сита № 08 (ГОСТ 3584—53), со связующим, состоящим из 1—2% акриловой смолы (ТУ 6-01-432-69) и растворителя Р-5 (ТУМ XII 2191-51).

Применение

Пайка деталей из титана и титановых сплавов, работающих при температурах до 400°C.

ТЕПЛОСТОЙКИЕ ПРИПОИ ДЛЯ ПАЙКИ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

ВПр1 (АМТУ 538-68),
ВПр2 (ОСТ1 90082—73),
ВПр4 (АМТУ 539-68),
ВПр13 (ТУ 48-0714-10-73)

Химический состав в %

| Марка припоя | ОСТ, ТУ или ТР | Ni | Mn | Co | Fe | Si | Ag | Cu |
|--------------|------------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| ВПр1 | АМТУ 538-68 | 27,0— 30,0 | — | — | ≤1,5 | 1,5— 2,0 | — | Осталь- ное |
| ВПр2 | ОСТ1 90082—73 | 5,0— 6,0 | 22,0— 26,0 | — | 0,8— 1,2 | до 1,5 | — | » |
| ВПр4 | АМТУ 539-68 | 28,0— 30,0 | 28,0— 30,0 | 4,0— 6,0 | 1,0— 1,5 | 0,8— 1,2 | — | » |
| ВПр13 | ТУ 48-0714-10-73 | 10,0— 13,0 | 20,0— 23,0 | — | — | 0,2— 0,4 | 21,0— 25,0 | 35,5—47,5 |

Продолжение

| Марка припоя | ОСТ, ТУ или ТР | B | P | Li | Na | K | Zn | Примеси, не более |
|--------------|------------------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|-------------|----------------------|
| ВПр1 | АМТУ 538-68 | 0,10— 0,30 | — | — | — | — | — | 0,5 |
| ВПр2 | ОСТ1 90082—73 | — | — | 0,15— 0,25 | — | — | — | 0,5 |
| ВПр4 | АМТУ 539-68 | 0,15— 0,25 | 0,1— 0,2 | 0,15— 0,30 | 0,05— 0,15 | 0,01— 0,20 | — | 0,5 * |
| ВПр13 | ТУ 48-0714-10-73 | 0,1— 0,3 | 0,1— 0,3 | — | — | — | 0,5— 2,0 | 0,5 * |

* В том числе 0,005% Sn.

Механические свойства паяных соединений при различных температурах

| Паяемый материал | Припой | $\tau_{\text{ср}}$ при температуре в °C [кгс/мм ²] | | | | | | |
|------------------|--------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | —60 | —70 | 20 | 200 | 400 | 500 | 600 |
| X18H9T | ВПр1 | — | 43—58 | 37—50 | 30—40 | 19—22 | — | 9—16 |
| X15H9Ю (CH-2) | ВПр2 | 25—30 | — | 21—30 | 20—30 | 19—24 | 12—20 | 12—14 |
| X17H5M3 (CH-3) | ВПр2 | 19—30 | — | 21—25 | 19—23 | 21—25 | 9—13 | — |
| X18H10T | ВПр4 | — | 45—52 | 33—40 | 29—33 | 26—31 | — | 13—18 |
| X15H7ЮМ2 (CH-4) | ВПр13 | — | 33—39 | 30—38 | — | 18—28 | — | — |

Физические свойства

Припой ВПр1

Плотность 8680 кг/м³

Температура плавления 1080—1120°C.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 100—200 | 200—300 | 300—400 | 400—500 | 500—600 |
|----------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 17,1 | 18,4 | 19,6 | 20,2 | 23,8 | 26,0 |

| Температура °C | 20—100 | 20—200 | 20—300 | 20—400 | 20—500 | 20—600 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 17,1 | 17,7 | 18,4 | 18,8 | 19,8 | 20,9 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 25 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| λ Вт/м·град | 10,9 | 12,6 | 14,6 | 17,2 | 19,3 | 21,4 | 23,4 |

Припой ВПр2

Плотность 8130 кг/м³.

Температура плавления 960—970°C.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—200 | 20—300 | 20—400 | 20—500 | 20—600 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 19,0 | 19,8 | 20,5 | 21,2 | 21,8 | 22,5 |

| Температура °C | 100—200 | 200—300 | 300—400 | 400—500 | 500—600 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 20,6 | 21,9 | 23,2 | 24,1 | 26,2 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 25 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| λ Вт/м·град | 13,0 | 15,5 | 18,8 | 22,6 | 26,7 | 29,7 | 31,9 |

Удельное электросопротивление

| Температура °C | 20 |
|-------------------------|----|
| $\rho \cdot 10^6$ Ом·см | 8 |

Припой ВПр4

Плотность 8030 кг/м³.

Температура плавления 940—980°C.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—200 | 20—300 | 20—400 | 20—500 | 20—600 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 16,8 | 17,4 | 17,9 | 17,6 | 18,3 | 19,1 |

| Температура °C | 100—200 | 200—300 | 300—400 | 400—500 | 500—600 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 16,1 | 18,8 | 16,8 | 21,1 | 22,8 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| λ Вт/м·град | 10,9 | 12,1 | 14,2 | 16,7 | 18,4 | 21,1 |

Припой ВПр13

Плотность 8220 кг/м³.

Температура плавления 850—910°C.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—500 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 18,6 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 20 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| λ Вт/м·град | 10,0 | 12,6 | 15,9 | 19,3 | 22,2 | 25,5 |

Коррозионная стойкость

Соединения на стали X18H9T, паянные припоями ВПр1 и ВПр4 и на сталях X17H5M3 (CH-3) и X15H9Ю (CH-2), паянные припоем ВПр2, а также на стали X15H7ЮМ2 (CH-4), паянные припоем ВПр13 (пайка в аргоне), имеют удовлетворительную коррозионную стойкость в тропической камере и промышленной атмосфере.

В морских условиях требуется защита по согласованию с ВИАМ.

Технологические данные

Пайку припоями ВПр1, ВПр2, ВПр4 и ВПр13 можно производить при нагревах в печи с защитной атмосферой и в вакууме, токами высокой частоты и электроконтактным способом. Пайка припоев ВПр1 может выполняться также и при нагреве ацетиленокислородным пламенем с применением флюсов № 200 и № 201. При пайке припоями ВПр1, ВПр4, ВПр2 и ВПр13 с нагревом на воздухе токами высокой частоты необходимо применять флюсы № 200 и № 201.

Применение

Припой ВПр1, ВПр4, ВПр13 и ВПр2 — пайка трубопроводов и деталей из жаропрочных сплавов типа ЭИ437А, ЭИ696М и коррозионностойких типа X18H10T.

Припой ВПр4 — пайка деталей компрессора и трубопроводов из коррозионностойких сталей типа X18H10T, ЭИ962, 2X13.

Припой ВПр13 — пайка деталей из коррозионностойких сталей типа ВНС-2, СН-3 и др.

Припой ВПр2 — пайка теплообменников из коррозионностойких сталей типа X18H10T.

ПРИПОЙ ДЛЯ ПАЙКИ ЖАРОПРОЧНЫХ
СТАЛЕЙ И СПЛАВОВПЖ45-81
(Инструкция № 921-68)

Химический состав в %

| Cr | Ni | Fe | Mn | Si | Cu |
|---------|-------|---------|---------|---------|-----------|
| 2,5—3,5 | 30—35 | 2,5—3,0 | 2,0—3,0 | 1,5—2,0 | Остальное |

Механические свойства паяных соединений при различных температурах

| Паяемый материал (соединение внахлестку) | Температура испытания °C | $\tau_{ср}$ | σ_{-1} * |
|---|--------------------------------|-------------|-----------------|
| | | кгс/мм² | |
| Сталь X18H10T | 20 | 43—51 | 24—25 ** |
| | 300 | 30—39 | — |
| | 400 | 23—32 | — |
| | 500 | 21—28 | — |
| | 600 | 18—20 | 17 *** |
| Сплав ЭИ435 | 20 | 60—62 | — |
| | 300 | 42—56 | — |
| | 400 | 49—58 | — |
| | 500 | 30—37 | — |
| | 600 | 30—31 | — |
| | 800 | 19—21 | — |

* На базе $1 \cdot 10^6$ циклов.

** Телескопическое соединение.

*** Плоские образцы.

Физические свойства

Плотность 8630 кг/м³.

Температура плавления 1120—1200°C.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—200 | 20—300 | 20—400 | 20—500 | 20—600 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 14,6 | 15,2 | 15,7 | 16,3 | 16,9 | 17,4 |

| Температура °C | 100—200 | 200—300 | 300—400 | 400—500 | 500—600 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 15,8 | 16,8 | 18,0 | 19,3 | 20,2 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 25 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| λ вт/м·град | 23,9 | 26,4 | 29,3 | 32,7 | 35,2 | 35,2 | 38,1 |

Удельное электросопротивление $\rho \cdot 10^6 = 41$ ом·см.

Коррозионная стойкость

Паяные соединения, выполненные припоем ПЖ45-81, коррозионностойки в атмосферных условиях.

Технологические данные

Пайку припоем производят при нагреве токами высокой частоты, газовой горелкой или в печах.

Припой пластичен и может быть изготовлен в виде листов и ленты.

Температура пайки 1180—1230°.

Применение

Пайка деталей из коррозионностойких сталей и жаропрочных сплавов, работающих при температурах до 600°C.

ПРИПОЙ ДЛЯ ПАЙКИ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ
СТАЛЕЙВПр3
(Паспорт 520)

Химический состав в %

| Si | Cr | Co | Cu | Ni | Примеси, не более |
|--------|-------|----------|------|--------|----------------------|
| 7,5—11 | 12—14 | 9,5—11,5 | До 3 | Основа | 0,5 |

Механические свойства паяных соединений при различных температурах

| Паяемый материал | Вид соединения | Температура испытания °C | σ_b | $\tau_{ср}$ |
|---------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------|-------------|
| | | | кгс/мм ² | |
| ЭИ654 | Стыковое | —60 | 37—43 | — |
| | | 20 | 30—37 | — |
| | | 200 | 30—35 | — |
| | | 500 | 29—31 | — |
| | | 800 | 16—18 | — |
| ЭИ654 | Телескопическое | —60 | — | > (23—27) * |
| | | 20 | — | > (21—22) |
| | | 200 | — | > (21—22) |
| | | 500 | — | > (19—20) |
| | | 800 | — | > 5 |
| ЭИ759 | То же | —60 | — | > (32—34) |
| | | 20 | — | > (29—32) |
| | | 200 | — | > (20—23) |
| | | 500 | — | > (20—21) |
| | | 800 | — | — |

* Разрушение по основному материалу.

Физические свойства

Плотность 7880—8100 кг/м³.

Температура плавления 1140—1150°C.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20— 100 | 20— 200 | 20— 300 | 20— 400 | 20— 500 | 20— 600 | 20— 700 | 20— 800 | 20— 900 |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 11,9 | 12,8 | 13,2 | 13,6 | 14,0 | 14,0 | 14,5 | 15,1 | 16,2 |

| Температура °C | 100— 200 | 200— 300 | 300— 400 | 400— 500 | 500— 600 | 600— 700 | 700—800 | 800—900 |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 13,7 | 14,0 | 14,8 | 15,6 | 14,0 | 17,5 | 18,3 | 25,0 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
|---------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| λ Вт/м·град | 9,6 | 11,3 | 13,0 | 14,2 | 15,9 | 17,6 | 19,6 | 21,4 | 23,0 |

Удельное электросопротивление

| Температура °C | 20 | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| $\rho \cdot 10^6$ Ом·см | 128—131 | | | | | | | | |

Коррозионная стойкость

Паяные соединения коррозионностойки в агрессивных средах и морской воде.

Технологические данные

Пайку производят при нагреве в вакууме в среде аргона, в печи, токами высокой частоты и пламенем ацетиленокислородной горелки с использованием в последнем случае флюсов № 200 и № 201.

Температура пайки 1180—1200°C. Припой хрупкий, изготавливается в виде порошка, литых прутков или пасты.

Пасту готовят путем смешивания порошка, просеянного через сито № 045-0071 (ГОСТ 3584—53), со связующим, состоящим из 10% акриловой смолы (ТУ6-01-432-69) и 90% растворителя Р-5 (ТУМХИ-2191-51).

Применение

Пайка деталей из коррозионностойких сталей и жаропрочных сплавов, работающих в агрессивных средах и морской воде.

ПРИПОЙ ДЛЯ ПАЙКИ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ
СТАЛЕЙ И ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВВПр7
(АМТУ 540—68)

Химический состав в %

| Мп | Co | Nb | Si | B | Li | K | Na | Ni | Примеси, не более |
|-----------|---------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------|----------------------|
| 32,0—35,0 | 10,0— 11,0 | 2,0— 2,5 | 0,8— 1,2 | 0,07— 0,2 | 0,01— 0,1 | 0,01— 0,15 | 0,01— 0,1 | Основа | 0,5 |

Механические свойства паяных соединений при различных температурах

| Паяемый материал (соединение внахлестку) | Температура испытания °C | $\tau_{ср}$ | $\tau_{ср/100}$ | σ_{-1}^* |
|---|--------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|
| | | кгс/мм² | | |
| Сталь X18H10T | —196 | 54—61 | — | — |
| | —70 | 45—54 | — | — |
| | 20 | 45—52 | — | 14 |
| | 200 | 43—45 | — | — |
| | 400 | 37—40 | — | — |
| | 600 | 21—33 | — | — |
| | 700 | 19—22 | 8 | 10 |

* На базе 10^7 циклов.

Физические свойства

Плотность 7930 кг/м³.

Температура плавления 1100—1120°C.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20— 100 | 20— 200 | 20— 300 | 20— 400 | 20— 500 | 20— 600 | 20— 700 | 20— 800 | 20— 900 |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 16,5 | 17,0 | 17,7 | 18,4 | 19,3 | 19,5 | 19,5 | 20,0 | 20,6 |

| Температура °C | 100— 200 | 200— 300 | 300— 400 | 400— 500 | 500— 600 | 600— 700 | 700—800 | 800—900 |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
| $\alpha \cdot 10^5$ 1/град | 17,6 | 19,2 | 20,3 | 23,2 | 20,5 | 19,3 | 23,8 | 24,9 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| λ Вт/м·град | 10,9 | 12,6 | 14,2 | 15,5 | 16,7 | 18,4 | 20,5 | 22,2 | 24,3 |

Коррозионная стойкость

В атмосферных условиях припой обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью.

Технологические данные

Пайку производят в среде нейтральных газов (аргон, гелий или аргон с продуктами распада NH_4BF_4 или KBF_4), а также в вакууме с нагревом в печи или токами высокой частоты.

Температура пайки 1170—1180°C. Припой обладает удовлетворительной пластичностью и может изготавливаться в виде фольги.

Применение

Пайка деталей из коррозионностойких сталей и жаропрочных сплавов.

ПРИПОЙ ДЛЯ ПАЙКИ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ

ВПр8
(АМТУ 541-68)

Химический состав в %

| Мп | Со | W | Nb | Si | Ni | Примеси, не более |
|-------|-----------|---------|---------|---------|-----------|----------------------|
| 32—35 | 10,0—11,5 | 4,0—9,5 | 2,0—3,0 | 0,2—1,0 | Остальное | 0,5 |

Механические свойства паяных соединений при различных температурах

| Паяемый материал | Соединение | Температура испытания °C | $\tau_{\text{ср}}$ | $\tau_{\text{ср}/100}$ |
|------------------|--------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| | | | кгс/мм ² | |
| Сплав ЭИ437Б | Нахлесточное | —70 | 21—22 | — |
| | | 20 | 18—21 | — |
| | | 800 | 16—20 | 5,5 |
| | | 1000 | 4—5 | — |
| Сплав ЖС6-К | То же | —70 | >13 * | — |
| | | 20 | >20 * | — |
| | | 800 | >11 * | 5,0 |
| | | 1000 | > 4 * | 0,6 |

* Разрушение по основному материалу.

Физические свойства

Плотность 7610 кг/м³.

Температура плавления 1130—1140°C.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20— 100 | 20— 200 | 20— 300 | 20— 400 | 20— 500 | 20— 600 | 20— 700 | 20— 800 | 20— 900 |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $\alpha \cdot 10^5$ 1/град | 15,0 | 15,6 | 16,4 | 17,1 | 17,7 | 18,1 | 18,4 | 18,7 | 19,0 |

| Температура °C | 100— 200 | 200— 300 | 300— 400 | 400— 500 | 500— 600 | 600— 700 | 700—800 | 800—900 | |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 16,1 | 18,1 | 19,2 | 20,4 | 19,7 | 20,0 | 20,8 | 21,9 | |
| Коэффициент теплопроводности | | | | | | | | | |
| Температура °C | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
| λ Вт/м · град | 10,0 | 11,3 | 12,1 | 13,4 | 15,1 | 17,2 | 18,8 | 20,9 | 22,6 |

Коррозионная стойкость

Паяные соединения, выполненные припоем на никелевых сплавах, коррозионностойки в атмосферных условиях.

Технологические данные

Пайку производят в среде нейтральных газов (аргон, гелий или аргон с продуктами распада NH_4BF_4 или KBF_4), а также в вакууме с нагревом в печи или токами высокой частоты.

Температура пайки припоем ВПр8 — 1180—1200°C.

Применение

Пайка деталей из жаропрочных сплавов, работающих при высоких температурах (до 1000°C).

| ПРИПОЙ ДЛЯ ПАЙКИ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ | ВПр11. ВПр11-40Н (ТР6-1007) |
|---|--------------------------------|
|---|--------------------------------|

Химический состав в %

| Марка припоя | Cr | C | Si | B | Fe | Al | Ni | Примеси, не более |
|------------------|-------|---------|---------|---------|-----|---------|----------------|----------------------|
| ВПр11 | 14—16 | 0,5—0,6 | 4—5 | 2—3 | 3—5 | 0,1—1,0 | Осталь- ное | ≤0,5 |
| Напол- нитель | — | — | 1,8—2,2 | 0,6—1,2 | — | — | » | ≤0,5 |

Механические свойства паяных соединений при различных температурах

| Паяемый мате- риал (соединение внахлестку) | Припой | Темпе- ратура испыта- ния °C | $\tau_{\text{ср}}^*$ | $\tau_{\text{ср}/100}$ | σ_{-1}^{**} |
|--|-----------|--|----------------------|------------------------|--------------------|
| | | | кгс/мм ² | | |
| Сплав ЭИ867 | ВПр11 | 20 | >20 * | — | 19 |
| | | 800 | 18 | — | — |
| | | 900 | 15,5 | 2,7 | 15 |
| | | 1000 | 8,5 | — | — |
| | | 1050 | 4,5 | — | — |
| Сплав ВЖ98 | ВПр11-40Н | 20 | >46 * | — | — |
| | | 900 | 15,5—16,5 | — | — |
| | | 1000 | 8,5—10,0 | — | — |

* Разрушение по основному материалу.

** На базе $1 \cdot 10^7$ циклов.

Физические свойства

Температура плавления припоя 980—1020°C, наполнителя — 1150—1400°C.
Твердость припоя (слиток) HRC 58—60, наполнителя — HRC 90.

Коррозионная стойкость

Паяные соединения, выполненные припоями ВПр11 и ВПр11-40Н (с наполнителем) на никелевых сплавах, имеют удовлетворительную коррозионную стойкость в тропической камере и промышленной атмосфере.

Технологические данные

Пайку производят в среде нейтральных газов (аргон, гелий или аргон с продуктами распада NH_4BF_4 или KBF_4), а также в вакууме с нагревом в печи или токами высокой частоты.

Температура нагрева при пайке припоем ВПр11 1050—1100°C, продолжительность выдержки при этой температуре ≥ 2 час; при пайке припоем ВПр11-40Н — 1080—1120°C, продолжительность выдержки 15 мин.

Применение

Припой ВПр11 — пайка деталей из никелевых сплавов типа ЖС6, ЭИ867 и ЭИ868.

Припой ВПр11-40Н — пайка деталей с неравномерными большими зазорами.

ПРИПОЙ ДЛЯ ПАЙКИ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

ВПр10
(ТУ 1-92-16-73)

Химический состав в %

| Cr | Mn | Si | Nb | Fe | Ni | Примеси, не более |
|-----------|-----------|---------|---------|-----|-----------|-------------------|
| 19,0—21,0 | 10,0—12,0 | 4,5—5,5 | 4,0—5,0 | 4—5 | Остальное | 0,5 |

Механические свойства паяных соединений при различных температурах

| Паяемый материал (соединение внахлестку) | $\tau_{\text{ср}}$ при температуре в °C [кгс/мм ²] | | | | σ_{-1} * [кгс/мм ²] | |
|--|--|------|-----|-----|--|------|
| | —70 | 20 | 300 | 500 | 20 | 500 |
| Сталь 1Х18Н9Т | 31 | 23,5 | 21 | 20 | 19 | 18,7 |
| Сталь ЭИ654 | 28 | 26,0 | 21 | 20 | 20 | 20,0 |

* На базе $1 \cdot 10^7$ циклов.

Физические свойства

Плотность 7750 кг/м³.

Температура плавления 1150—1160°C.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—100 | 20—200 | 20—300 | 20—400 | 20—500 | 20—600 | 20—700 | 20—800 | 20—900 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 12,3 | 12,6 | 13,3 | 13,4 | 13,8 | 14,2 | 14,6 | 14,9 | 15,3 |

| Температура °C | 100—200 | 200—300 | 300—400 | 400—500 | 500—600 | 600—700 | 700—800 | 800—900 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 12,9 | 14,0 | 14,5 | 15,2 | 16,5 | 17,3 | 17,0 | 18,1 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 25 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| λ вт/м·град | 9,40 | 10,4 | 12,1 | 13,8 | 15,9 | 17,6 | 18,8 | 21,1 | 21,8 | 23,0 |

Коррозионная стойкость

Паяные соединения коррозионностойки в агрессивных средах и морской воде.

Технологические данные

Пайку производят в среде нейтральных газов (аргон, гелий или аргон с продуктами распада NH_4BF_4 или KBF_4), а также в вакууме с нагревом в печи или токами высокой частоты. Температура пайки 1180—1200°C.

Припой пластичен и может изготавливаться в виде фольги, листов, а также порошка и прутков; хорошо обрабатывается резанием.

Применение

Пайка деталей из коррозионностойких сталей, работающих в агрессивных средах и морской воде.

ПРИПОЙ ДЛЯ ПАЙКИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ
КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙВПр17
(ТР6-1009)

Химический состав в %

| Ag | Zn | Ni | Mn | Co | Si | Nb | Cu | P | B | Примеси, не более |
|-------|-------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|----------------------|
| 20—23 | 17—19 | 16—18 | 0,5— 2,0 | 0,5— 2,0 | 0,1— 0,3 | 0,5— 1,0 | Осталь- ное | 0,1— 0,2 | 0,1— 0,2 | 0,5 |

Механические свойства паяных соединений при различных температурах

| Паяемый материал (соединение внахлестку) | $\tau_{\text{ср}}$ [кгс/мм ²] при температуре в °C | | | |
|---|--|---------|-------|-------|
| | —20 | 20 | 500 | 600 |
| Сталь ВНС-2 | 40—50 | 35—44,5 | 20—24 | 11—13 |

Физические свойства

Плотность 8900 кг/м³.

Температура плавления 950—990°C.

Коэффициент термического линейного расширения

| Температура °C | 20—600 |
|----------------------------|--------|
| $\alpha \cdot 10^6$ 1/град | 18,6 |

Коэффициент теплопроводности

| Температура °C | 25 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| λ вт/м·град | 41,9 | 44,0 | 46,0 | 50,2 | 54,4 | 58,6 | 62,8 |

Коррозионная стойкость

Паяные соединения коррозионностойки в условиях промышленной атмосферы и тропиков; в морских условиях требуется их защита лакокрасочными покрытиями.

Технологические данные

Пайку производят при нагреве в печи, токами высокой частоты, в среде нейтральных газов (аргон, гелий) или пламенем ацетилено-кислородной горелки с использованием флюсов № 200 и № 201.

Температура пайки 1050—1080°C.

Применение

Пайка деталей из коррозионностойких высокопрочных сталей.

ФЛЮСЫ ДЛЯ ПАЙКИ МЕТАЛЛОВ

| Марка | Состав в % | ГОСТ, ТУ или ТР | Рабочая температура, °C | Технологические данные (приготовление и способ удаления остатков флюсов) | Назначение |
|--------|---|-----------------|-------------------------|---|--|
| Флюс 1 | Цинк хлористый (плавленый) 25—40 Вода 75—60 | ТР6-1011 | 290—350 | Цинк хлористый растворяют в воде (допускается содержание свободной соляной кислоты в пределах 0,6—0,8%) После пайки во избежание коррозии остатки флюса удаляют промывкой в горячем водном растворе 2%-ной соляной кислоты, в 5%-ном растворе стиральной соды и опять в проточной воде (50—80°C) | Пайка конструктивных сталей, меди и медных сплавов |
| Флюс 2 | Цинк хлористый 18 Аммоний хлористый 6 Вода 76 | ТР6-1011 | 180—320 | Цинк хлористый и аммоний хлористый растворяют в воде (допускается содержание свободной соляной кислоты в пределах 0,6—0,9%) Способ удаления флюса такой же, как и для флюса 1 | Пайка конструктивных сталей, меди и медных сплавов |
| Флюс 3 | Цинк хлористый 25 Кислота соляная (d=1,19) 25 Вода 50 | ТР6-1011 | 180—350 | Цинк хлористый растворяют в соляной кислоте и затем смешивают с водой Способ удаления флюса такой же, как и для флюса 1 | Пайка конструктивных сталей, меди и медных сплавов |
| Флюс 5 | Канифоль | ГОСТ 797—64 | 150—300 | Канифоль применяют в порошке Остатки флюса можно не удалять | Пайка меди и латуни легкоплавкими припоями |

| Марка | Состав в % | ГОСТ, ТУ или ТР | Рабочая темпера- тура °С | Продолжение | |
|---------------------|---|--------------------|-----------------------------------|---|---|
| | | | | Технологические данные (приготовление и способ удаления остатков флюсов) | Назначение |
| Флюс СК (КЭ, КС) | Спирт гидролиз- ный * 70 Канифоль 30 | ТР6-1011 | 150—300 | Растертую канифоль растворяют в спирте Остатки флюса не вызывают кор- розии и их можно не удалять | Пайка меди, лату- ни, бронзы и стали. Поверхности долж- ны быть предвари- тельно обработаны более активным флюсом |
| Флюс ВТС | Кислота силици- ловая 10 г Триэтанолламин 10 г Вазелин техниче- ский 100 г Спирт гидролиз- ный * 40 г | ТР6-1011 | 180—280 | В фарфоровой посуде при непре- рывном перемешивании нагревают вазелин и триэтанолламин до 75— 85°С, в другой фарфоровой посуде растворяют силициловую кислоту в спирте. Полученный раствор тонкой струей вливают в смесь вазелина и триэтанолламина, непрерывно пере- мешивая и поддерживая в нагретом состоянии при 85—75°С до полно- го удаления запаха спирта. Затем температуру повышают до 110°С для удаления влаги; полное удаление определяют по прекраще- нию образования пены Охлажденный флюс тщательно перемешивают и для получения однородной консистенции продавливают через шелковое или металличе- ское сито | Пайка меди, брон- зы и латуни |

| | | | | | |
|-----------------|---|----------|--|---|--|
| Флюс ЛМ-1 | Спирт гидролиз- ный * 400 см ³ Кислота ортофос- форная ($d=1,6-1,7$) 100 см ³ Канифоль (в по- рошке) — 30 г | ТР6-1011 | 250—350 | Остатки флюса удаляют путем протирки места пайки сухой ве- тошью или бязью, смоченной в сме- си этилового спирта с бензином в соотношении 1:1 В одной части спирта (половина всего объема) растворяют кани- фоль, в другой — ортофосфорную кислоту, после чего оба раствора перемешивают Остатки флюса после пайки уда- ляют промывкой в горячей проточ- ной воде или протиркой ветошью, смоченной в спирте или ацетоне | Пайка коррозион- ноустойчивых сталей |
| Флюс ЛК2 | Канифоль 30 Цинк хлористый 3 Аммоний хлорис- тый 1 Спирт гидролиз- ный * 66 | ТР6-1011 | 196—350 (при мед- ленном нагреве) 150—420 (при быст- ром на- греве) | Цинк хлористый и аммоний хло- ристый растворяют в спирте (в стек- ляной посуде), вводят порциями канифоль при непрерывном поме- шивании до растворения всех ком- понентов. После отстояния в те- чение суток сливают жидкий рас- твор, используя его в качестве флю- са Остатки флюса удаляют промыв- кой в ацетоне или спирте (лучше в ацетоне) сразу же после пайки В 3/4 общего объема спирта рас- творяют канифоль, а в остальном спирте — диэтиламин солянокислый. В первый раствор вводят триэта- ноламин. На второй день оба рас- твора перемешивают Остатки флюса удаляют промыв- кой в спирте или ацетоне сразу же после пайки | Пайка меди, мед- ных сплавов, конст- рукционных сталей и оцинкованного желе- за Пайка меди, мед- ных сплавов, конст- рукционных сталей и оцинкованного желе- за |
| Флюс ЛТИ 120 | Спирт гидролиз- ный 68 Канифоль 25 Диэтиламин соля- нокислый 5 Триэтанолламин 2 | ТР6-1011 | 200—350 | | |

| Марка | Состав в % | ГОСТ, ТУ или ТР | Рабочая темпера- тура °C | Продолжение | |
|-----------------|---|--------------------|-----------------------------------|---|---|
| | | | | Технологические данные (приготовление и способ удаления остатков флюсов) | Назначение |
| 5%-ный гидразин | Гидразин солянокислый 5 Вода дистиллированная 95 | ТР6-1011 | 150—330 | Солянокислый гидразин растворяют в дистиллированной воде. Флюс удаляют промывкой в холодной проточной воде. | Лужение и пайка меди и ее сплавов |
| Флюс Ф1М | Кислота ортофосфорная (плотность 1,7) 20 см ³ Спирт гидролизный * 1 л Вода дистиллированная 1 л | ТР6-1011 | 260—320 | Ортофосфорную кислоту смешивают с водой и спиртом. Остатки флюса удаляют промывкой в проточной воде, протирают сухой ветошью и сушкой при 100—110°C. | Пайка меди, бронзы и латуни |
| Флюс Ф38Н | Диэтиламин солянокислый 25 Кислота ортофосфорная 25 Глицерин или этиленгликоль 50 | ТР6-1011 | До 350 | Диэтиламин растворяют в ортофосфорной кислоте и затем смешивают с глицерином или этиленгликолем. Остатки флюса удаляют промывкой в горячей проточной воде, протирают ветошью сухой и смоченной в спирте. | Пайка никрома, коррозионностойких сталей и соединений этих металлов с медью и ее сплавами |
| Флюс Ф55 (Г-2) | Гидразин солянокислый 2 Этиленгликоль 30 Гидразин-гидрат до нейтральной реакции 1 Спирт гидролизный * 67 | ТР6-1011 | 150—330 | Гидразин солянокислый растворяют в спирте и к раствору добавляют этиленгликоль и гидразин-гидрат. Остатки флюса удаляют путем промывки в горячей проточной воде, протирают ветошью и сушки при 100—110°C. | Лужение и пайка меди и ее сплавов |

| | | | | | |
|------------|--|------------------------------|----------|---|---|
| Флюс 18В | Кислота борная 60 Калий фтористый 40 | Инструкция НИИТ ПИ-106-66 | 650—800 | Компоненты сплавляют в фарфоровой чашке с последующим размельчением в порошок. Остатки флюса удаляют путем кипячения в течение 3—5 час в водном 8%-ном растворе кальцинированной соды. | Пайка коррозионностойких сталей и бериллиевой бронзы серебряными припоями |
| Флюс 209 | Ангидрид борный 35±2 Калий борфтористый 23±2 Калий фтористый 42±2 | ТУ48-4-323-75 | До 750 | Компоненты смешивают и смесь размалывают в порошок. Остатки флюса удаляют кипячением в течение 3—5 час в водном 8%-ном растворе кальцинированной соды. | Пайка коррозионностойких сталей, никелевых сплавов, меди и ее сплавов |
| Флюс № 200 | Кислота борная 70±2 Бура 21±2 Кальций фтористый 9±1 или в пересчете на обезвоженные компоненты: Ангидрид борный 66±2 Бура 19±2 Кальций фтористый 15±2 | СТУ 38-399-65 | 800—1200 | Компоненты смешивают и смесь размалывают в порошок. Остатки флюса удаляют путем погружения на 40—60 мин в водный 7—12%-ный раствор кислого сернокислого калия при комнатной температуре или на 15—20 мин при 40—50°C. | Пайка коррозионностойких сталей и жаропрочных сплавов |

| Продолжение | | Марка | Состав в % | ГОСТ, ТУ или ТР | Рабочая температура, °С | Технологические данные (приготовление и способ удаления остатков флюсов) | Назначение |
|-------------|----------|-----------|---|-----------------|-------------------------|---|--|
| | | | | | | | |
| Флюс № 201* | Флюс 34А | Флюс ВФ11 | Кислота борная 80±1 Бура 14±1 Кальций фтористый 5,5±0,5 Лигатура состава (4% Mg, 48% Al, 48% Cu) 0,5±0,1 | СТУ 38-400-65 | 800—1200 | Способ приготвления такой же, как и для флюса 200 Флюс после пайки удаляют погружением на 40—60 мин в водный 7—12%-ный раствор кислого сернокислого калия при комнатной температуре или на 15—20 мин при 40—50°C | Пайка коррозионно-стойких и жаропрочных сталей |
| | | | Натрий фтористый 10 Цинк фтористый 8 Литий хлористый 32 Калий хлористый 50 | ТУ 48-4-229-72 | 450—600 | Флюс изготавливается путем смешивания обезвоженных солей Остатки флюса удаляют промывкой в горячей проточной воде | Пайка алюминия и его сплавов |
| | | | Натрий хлористый 20±2 Калий хлористый 35±2 Литий хлористый 10±1 Кальций хлористый 25±2 Калий фтористый 10±1 | ТУ 48-02-57-71 | 600—620 | Температура плавления флюса 540—560°C Остатки флюса удаляют промывкой в горячей проточной воде | Пайка алюминия и его сплавов в соляных ваннах |

* Состав в пересчете на обезвоженные компоненты (в %): ангидрид борный — 77±1; бура плавленная — 12±1; кальций фтористый — 10±0,5; лигатура Al—Cu—Mg — 1±0,5.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | Стр. |
|--|-----------|
| Предисловие | 5 |
| Принятые обозначения механических и физических свойств | 6 |
| Глава 1. Медные сплавы и специальные материалы для деталей трения | 11 |
| Конструкционные медные сплавы | 11 |
| Медь | 15 |
| Медь М0, М1, М2, М3 | 16 |
| Латуни | 24 |
| Латунь Л96 | 26 |
| Латунь Л68 | 29 |
| Латунь Л63 | 37 |
| Латунь свинцовая ЛС59-1 и ЛС59-1Л | 43 |
| Латунь оловянная ЛО70-1 | 48 |
| Латунь оловянная ЛО62-1 | 53 |
| Латунь алюминиевожелезная ЛАЖ60-1-1 и ЛАЖ60-1-1Л | 56 |
| Латунь железомарганцовая ЛЖМц59-1-1 | 60 |
| Латунь алюминиевая ЛА67-2,5 | 64 |
| Латунь кремнистая ЛК80-3 и ЛК80-3Л | 65 |
| Бронзы | 68 |
| Бронзы оловяннофосфористые БрОФ6,5-0,15; БрОФ7-0,2 | 70 |
| Бронза оловянносвинцовоцинковая БрОЦС4-4-2,5 | 75 |
| Бронза алюминиевожелезная БрАЖ9-4 и БрАЖ9-4Л | 77 |
| Бронза алюминиевожелезоникелевая БрАЖН10-4-4 и БрАЖН10-4-4Л | 81 |
| Бронза алюминиевожелезомарганцовистая БрАЖМц10-3-1,5 | 85 |
| Жаропрочные медные сплавы | 90 |
| Бронза кремнистоникелевая БрКН1-3 | 93 |
| Бронза хромистая БрХ0,5 (БрХ0,8) | 97 |
| Бронза циркониевая БрЦр0,4 | 103 |
| Бронза кобальтоникелевая ВБр1 | 107 |
| Кунналь А МНА13-3 | 110 |
| Медноникелевые сплавы | 113 |
| Мельхиор МН19 | 114 |
| Нейзильбер МНЦ15-20 | 119 |
| Монель НМЖМц28-2,5-1,5 | 125 |

| | |
|--|-----|
| Сплавы для упругих элементов | 131 |
| Бронзы бериллиевые БрБ2,5; БрБ2; БрБНТ1,9; БрБНТ1,7 | 134 |
| Бронза кремнемарганцовистая БрКМц3-1 | 144 |
| Кунналь Б МНА6-1,5 | 151 |
| Бронза никельалюминиевомарганцевая БрНАМцК6-6-2-1 | 154 |
| Антифрикционные медные сплавы | 156 |
| Бронза высокооловянистая БрО19 | 158 |
| Бронза оловяннофосфористая БрОФ10-1 | 160 |
| Бронза оловянносвинцовоникелевая БрОСН10-2-3 | 162 |
| Бронза оловянносвинцовистая БрОС10-10 | 164 |
| Бронза оловянносвинцовистая БрОС5-25 | 167 |
| Бронза оловянносвинцовистая БрОЦС6-6-3 | 169 |
| Бронза сурьмяносвинцовистая ВБ-23 (БрСуСФ6-12-0,3) | 171 |
| Бронза сурьмяносвинцовистая ВБ-23НЦ (БрСуНЦСФ3-3-3-20-0,2) | 174 |
| Бронза сурьмянофосфористая ВБ-24 (БрСуФ6-1) | 177 |
| Бронза сурьмяноникелевая ВБ-24Н (БрСуН6-2) | 179 |
| Бронзы оловянносвинцовистая и свинцовистая БрОС1-22; БрС30 | 181 |
| Баббиты оловянистые Б87; Б92 | 184 |
| Специальные материалы для деталей трения | 186 |
| Бронза хромоникельалюминиевая ВБр3 | 189 |
| Высокопрочная антифрикционная бронза ВБр5 | 192 |
| Хромоникелевый сплав В56 | 194 |
| Износостойкий хромоникелевый сплав ВЖЛ1 | 197 |
| Износостойкий сплав ВЖЛ2 | 200 |
| Износостойкий хромоникелевый сплав ВЖЛ15 | 203 |
| Кремнистый монель НМКЖМц30-4-2-1 (ВКМ) | 206 |
| Фрикционная металлокерамика на основе железа ФМК-11 | 209 |
| Фрикционная металлокерамика на основе железа ФМК-79 | 211 |
| Металлокерамический фрикционный материал МКВ-50А | 213 |
| Фрикционная металлокерамика на медной основе ФМКМ-1 | 217 |
| Антифрикционная металлокерамика на основе меди АМК-4 | 219 |
| Антифрикционная металлокерамика на основе никеля АМК-5 | 221 |
| Уплотнительный металлокерамический материал на основе никеля УМ64-7 | 223 |
| Жаростойкая смазка ПФМС-4С | 225 |
| Антифрикционное покрытие ВАП-1 | 226 |
| Антифрикционное покрытие ВАП-2 | 228 |
| Антифрикционное покрытие ВАП-3 | 230 |
| Глава 2. Припои и флюсы для пайки | 232 |
| Припой для пайки медных электропроводов к сеточным лентам из молибденовой никелированной проволоки ВПр12 (ПСр0,4-40) | 249 |
| Коррозионностойкий припой для пайки медных и латунных электропроводов ВПр9 (ПСрМО5) | 251 |
| Коррозионностойкий припой для пайки медных и латунных электропроводов ВПр6 (ПСрОСу8) | 253 |
| Припой для пайки титановых сплавов ВПр15 | 255 |

| | |
|---|-----|
| Припой для пайки титановых сплавов ВПр16 | 256 |
| Теплостойкие припои для пайки коррозионностойких сталей ВПр1, ВПр2, ВПр4; ВПр13 | 257 |
| Припой для пайки жаропрочных сталей и сплавов ПЖ45-81 | 261 |
| Припой для пайки коррозионностойких сталей ВПр3 | 263 |
| Припой для пайки коррозионностойких сталей и жаропрочных сплавов ВПр7 | 265 |
| Припой для пайки жаропрочных сплавов ВПр8 | 267 |
| Припой для пайки жаропрочных сплавов ВПр11, ВПр11-40Н | 269 |
| Припой для пайки коррозионностойких сталей ВПр10 | 271 |
| Припой для пайки высокопрочных коррозионностойких сталей ВПр17 | 273 |
| Флюсы для пайки металлов | 275 |

СПРАВОЧНИК «АВИАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

Том 6. Медные сплавы и специальные материалы
для деталей трения, припои

Техн. ред. Р. И. Конзаева

Корректор Т. Б. Евдокимова

Художник Ю. Е. Латынин

Подписано в печать 12/XI 1974 г.

Формат 60×90¹/₁₆

Объем 17,75

Цена 2 руб. 50 коп.

Рассылается по списку

Заказ 1345

Типография МАП



